



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEZCLADO**  
**INDUSTRIAL PARA BEBIDAS PREPARADAS EN LA PLANTA DE**  
**LÁCTEOS DE LA ESPOCH.**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTORES: FAUSTO ISAAC BURGOS PILAMUNGA**  
**ALEX GERMAN ÑAMO VELASCO**  
**TUTOR: ING. JANETH ARIAS**

**Riobamba - Ecuador**

**2016**

©2016, Fausto Isaac Burgos Pilamunga, Alex German Ñamo Velasco. Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de los Autores.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEZCLADO INDUSTRIAL PARA BEBIDAS PREPARADAS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS DE LA ESPOCH, de responsabilidad de los señores Fausto Isaac Burgos Pilamunga y Alex German Ñamo Velasco ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Miguel Tasambay S. PhD <b>DECANO FIE</b>	.....	.....
Ing. Jorge Luis Paucar S. <b>DIRECTOR DE EIE CRI</b>	.....	.....
Ing. Janeth Arias <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	.....	.....
Ing. Luis Miguel Sánchez. <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	.....	.....

Nosotros, Fausto Isaac Burgos Pilamunga y Alex German Ñamo Velasco somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

---

Fausto Isaac Burgos Pilamunga

---

Alex German Ñamo Velasco

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo quiero dedicar a Dios que supo llenarme de conocimiento y darme la salud para culminar el presente proyecto, también a mis padres Fausto y Fabiola ya que, gracias a su apoyo, sus palabras, su motivación, he logrado cumplir una meta más en mi vida. De igual manera al resto de mi familia que de una u otra forma supieron aportar con un grano de arena durante mi formación profesional.

Isaac

Dedico la culminación de este proyecto de titulación a Dios quien ha sido mi guía llenando de sabiduría cada etapa de mi vida, a mis padres Nelly y German que son mi apoyo en el camino recorrido, con sus consejos y cuidados me han hecho un hombre que puede servir a la sociedad, a mis hermanos quienes han sido mi fortaleza en los momentos difíciles, a mis abuelitos, tíos, primos que siempre se han preocupado de cada paso que he dado. Agradezco también a mi amor Gaby que ha sido mi inspiración y complemento, juntos hemos plasmado los sueños que nos hemos propuesto.

Alex

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, expresamos nuestro sentimiento de gratitud a la Ing. Janeth Arias por la guía y ayuda brindada en la realización del proyecto.

A nuestros maestros por haber compartido sus experiencias y conocimientos durante la vida estudiantil, así como también a nuestras amistades que de una u otra manera colaboraron con el fin de alcanzar los objetivos trazados.

Agradecemos a la Espoch, en especial a la Escuela de Ing. Electrónica Control y Redes Industriales por abrirnos sus puertas y forjarnos como profesionales, Por último, damos un especial reconocimiento a la Planta de Lácteos de la Espoch por habernos permitido realizar nuestro proyecto brindándonos siempre todas las facilidades.

## INDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR DE COPYRIGHT .....	ii
CERTIFICACION .....	iii
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
INDICE GENERAL .....	vii
INDICE DE TABLAS .....	xii
INDICE DE FIGURAS .....	xiv
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xx
INDICE DE ANEXOS.....	xxi
RESUMEN .....	xxii
SUMMARY .....	xxiii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>

## CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Bebidas Preparadas.....</b>	<b>8</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Qué son las bebidas preparadas .....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Clasificación de las bebidas preparadas.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2.1</i>	<i>Bebidas preparadas sin alcohol .....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.2.2</i>	<i>Composición de las bebidas preparadas .....</i>	<i>11</i>
<b>1.2</b>	<b>Elaboración de las bebidas preparadas .....</b>	<b>13</b>
<i>1.2.1</i>	<i>Mezclas .....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Fenómenos de agitación .....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.3</i>	<i>Soluciones.....</i>	<i>14</i>

1.2.4	<i>Solubilidad</i> .....	15
1.2.5	<i>Factores de solubilidad</i> .....	15
<b>1.3</b>	<b>Automatización Industrial</b> .....	<b>16</b>
1.3.1	<i>Introducción</i> .....	16
1.3.2	<i>Fases de Automatización Industrial</i> .....	16
1.3.3.	<i>Programador Lógico Controlado (PLC)</i> .....	17
1.3.3	<i>Tipos de programadores lógicos controlados</i> .....	19
1.3.4	<i>Programación de PLC</i> .....	20
<b>1.4</b>	<b>Sistemas Hidráulicos y neumáticos</b> .....	<b>22</b>
1.4.1	<i>Introducción</i> .....	22
1.4.2	<i>Sistemas Neumáticos</i> .....	22
1.4.2.1	<i>Elementos Sistemas Neumáticos</i> .....	23
1.4.3	<i>Sistemas Hidráulicos</i> .....	26
1.4.4	<i>Elementos Sistemas Hidráulicos</i> .....	27
<b>1.5</b>	<b>Sistema Mecánico</b> .....	<b>30</b>
1.5.1	<i>Parámetros de diseño</i> .....	30
1.5.2	<i>Parámetros de Agitación</i> .....	31
1.5.3	<i>Contenedores Primarios</i> .....	32
1.5.4	<i>Contenedor principal</i> .....	32
1.5.5	<i>Sistema de Agitación</i> .....	33
1.5.6	<i>Tipos de agitadores</i> .....	33
<b>1.6</b>	<b>Sistema Electrónico</b> .....	<b>35</b>
1.6.1	<i>Introducción</i> .....	35
1.6.2	<i>Sensores</i> .....	37
1.6.3	<i>Microcontroladores</i> .....	47
1.6.4	<i>Semiconductores</i> .....	50
1.6.4.1	<i>Transistores</i> .....	51
1.6.4.2	<i>Tiristores</i> .....	54

<b>1.7</b>	<b>Sistemas de control.....</b>	<b>58</b>
<i>1.7.1</i>	<i>Sistemas de lazo abierto .....</i>	<i>60</i>
<i>1.7.2</i>	<i>Sistemas de Lazo Cerrado .....</i>	<i>60</i>
<b>1.8</b>	<b>Actuadores.....</b>	<b>62</b>
<i>1.8.1</i>	<i>Motores DC.....</i>	<i>62</i>
<i>1.8.2</i>	<i>Técnicas de Control de velocidad de Motores DC .....</i>	<i>63</i>
<b>1.9</b>	<b>Resistencias calefactoras .....</b>	<b>64</b>
<i>1.9.1</i>	<i>Tipos de resistencias .....</i>	<i>65</i>
<i>1.9.1.1</i>	<i>Resistencia tipo abrazadera .....</i>	<i>66</i>
<b>1.10</b>	<b>Interfaz Hombre Maquina.....</b>	<b>66</b>
<i>1.10.1</i>	<i>Android .....</i>	<i>67</i>
<i>1.10.2</i>	<i>Programación orientada a objetos JAVA .....</i>	<i>68</i>
<i>1.10.3</i>	<i>Android Studio.....</i>	<i>69</i>
<b>CAPTÍULO II</b>		
<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>71</b>
<b>2.1</b>	<b>Diseño e Implementación del Sistema .....</b>	<b>71</b>
<b>2.2</b>	<b>Diseño de Hardware del Sistema .....</b>	<b>71</b>
<i>2.2.1</i>	<i>Sistema Mecánico .....</i>	<i>71</i>
<i>2.2.1.1</i>	<i>Contenedores de materia prima .....</i>	<i>71</i>
<i>2.2.1.2</i>	<i>Contenedor principal.....</i>	<i>73</i>
<i>2.2.1.3</i>	<i>Sistema de agitación de paletas planas .....</i>	<i>74</i>
<i>2.2.1.4</i>	<i>Reductor de velocidad para agitador .....</i>	<i>74</i>
<i>2.2.1.5</i>	<i>Diseño mecánico final.....</i>	<i>77</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Sistema Electrónico .....</i>	<i>78</i>
<i>2.2.2.1</i>	<i>Diseño de sistema Neumático.....</i>	<i>78</i>
<i>2.2.2.2</i>	<i>Diseño de Sistema Hidráulico.....</i>	<i>84</i>
<i>2.2.2.3</i>	<i>Diseño de Control de Velocidad de motor mediante PWM .....</i>	<i>85</i>
<i>2.2.2.4</i>	<i>Diseño de control de temperatura .....</i>	<i>87</i>
<i>2.2.2.5</i>	<i>Cálculo de potencia consumida del sistema.....</i>	<i>93</i>
<i>2.2.2.6</i>	<i>Dimensionamiento del conductor.....</i>	<i>94</i>

2.2.2.7	<i>Dimensionamiento de protección</i> .....	95
2.2.2.8	<i>Diseño de la PCB</i> .....	96
<b>2.3.</b>	<b>Diseño de Software del Sistema</b> .....	<b>97</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Descripción de Funcionamiento del Sistema</b> .....	<b>97</b>
2.3.1.1.	<i>Modo Manual</i> .....	97
2.3.1.2	<i>Modo Automático</i> .....	98
2.3.1.3	<i>Errores Modo Automático</i> .....	99
<b>2.3.2</b>	<b>Programador Lógico Controlado (PLC)</b> .....	<b>102</b>
2.3.2.1	<i>Sistema de Control Lazo Cerrado</i> .....	103
2.3.2.2	<i>Descripción Programa PLC</i> .....	104
<b>2.3.3</b>	<b>Microcontrolador Arduino</b> .....	<b>105</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Comunicación Serial</b> .....	<b>105</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Tecnología Bluetooth</b> .....	<b>106</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Programación HMI (Interfaz Usuario-Maquina)</b> .....	<b>107</b>
2.3.6.1	<i>Android Studio</i> .....	108
2.3.6.2	<i>Desarrollo y Programación de la Interfaz</i> .....	108
2.3.6.3	<i>Recepción y descomposición de datos</i> .....	109
2.3.6.4	<i>Procesamiento de datos</i> .....	110

### **CAPÍTULO III**

#### **3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

<b>3.1</b>	<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO</b> .....	<b>113</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Sistema Mecánico</b> .....	<b>113</b>
3.1.1.1	<i>Técnicas que se utilizan para el mezclado de los componentes en la preparación.</i> ....	113
3.1.1.2	<i>Tipos de agitadores para Sistemas de media y baja viscosidad</i> .....	114
3.1.1.3	<i>Sistema de mezclado industrial para bebidas preparadas usando metodologías contextualizadas para optimizar recursos económicos y técnicos</i> .....	116
<b>3.1.2</b>	<b>Sistema Electrónico</b> .....	<b>120</b>
<b>3.2</b>	<b>Tiempos de ejecución del proceso</b> .....	<b>121</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Cálculo tiempo de llenado</b> .....	<b>123</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Cálculo de Tiempo de Drenado de Contenedor Principal.</b> .....	<b>125</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Pruebas de campo y tiempos de ejecución del sistema</b> .....	<b>126</b>

3.2.3.1	<i>Tiempos de Llenado</i> .....	126
3.2.3.2	<i>Tiempos de Drenado</i> .....	127
3.2.3.3	<i>Comparación de tiempos de llenado</i> .....	128
3.2.3.4	<i>Comparación de tiempos de drenado</i> .....	128
3.2.3.5	<i>Pruebas Tiempos de calentamiento del producto</i> .....	129
<b>3.3</b>	<b>Proceso automático frente a un Proceso Manual</b> .....	<b>131</b>
3.3.1	<i>Cálculo del tamaño de la muestra</i> .....	131
3.4	<i>El sistema implementado entrega un producto final que cumple con los niveles de calidad requeridos para productos de consumo masivo.</i> .....	134
3.4.1	<i>Tiempo de mezclado</i> .....	141
3.4.2	<i>Temperatura</i> .....	142
3.5	<i>Análisis de Resultados Obtenidos</i> .....	145
3.5.1	<i>¿Qué sistemas se utilizan para el mezclado de los componentes en la preparación de bebidas?</i> .....	145
3.5.2	<i>¿Cuál es el tiempo que se demora en realizar este proceso?</i> .....	146
3.5.3	<i>¿Qué tan provechoso sería utilizar un sistema automático de mezclas frente al sistema manual?</i> .....	146
3.5.4	<i>¿El sistema a construir nos entrega un producto final que cumpla con los niveles de calidad requeridos para productos de consumo masivo?</i> .....	146
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>147</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>148</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Características Comparativas de los Sistemas Neumático e Hidráulico .....	30
<b>Tabla 2-1</b>	Ventajas y Desventajas de los Agitadores .....	35
<b>Tabla 3-1</b>	Dispositivos de medición de temperatura .....	42
<b>Tabla 4-1</b>	Características Técnicas del PT100 .....	45
<b>Tabla 5-1</b>	Atmega /Arduino .....	50
<b>Tabla 6-1</b>	Arduino Mega .....	50
<b>Tabla 7-1</b>	Característica de las Configuraciones .....	54
<b>Tabla 1-2</b>	Datos Motorreductor.....	76
<b>Tabla 2-2</b>	Puntos de Consumo del sistema neumático .....	81
<b>Tabla 3-2</b>	Datos actuador neumático.....	81
<b>Tabla 4-2</b>	Caudal según orificios .....	82
<b>Tabla 5-2</b>	Datos de Electroválvula direccional .....	83
<b>Tabla 6-2</b>	Datos de Electroválvula de paso Hidráulica .....	85
<b>Tabla 7-2</b>	Voltajes en puntos A y B del puente .....	92
<b>Tabla 8-2</b>	Voltaje de salida del amplificador .....	92
<b>Tabla 9-2</b>	Censo de carga .....	94
<b>Tabla 10-2</b>	Consumo por partes .....	94
<b>Tabla 11-2</b>	Calibre de conductor seleccionado .....	95
<b>Tabla 12-2</b>	Capacidad de Breaker de protección .....	95
<b>Tabla 1-3</b>	Indicadores de Agitadores.....	115
<b>Tabla 2-3</b>	Valores de ponderación de agitador .....	115
<b>Tabla 3-3</b>	Indicadores de sistema de transmisión.....	118
<b>Tabla 4-3</b>	Valores de ponderación sistemas de transmisión .....	118
<b>Tabla 5-3</b>	Muestras previas.....	121

<b>Tabla 6-3</b>	Tamaño de la muestra contenedores primarios .....	122
<b>Tabla 7-3</b>	Tamaño de la muestra contenedor principal .....	122
<b>Tabla 8-3</b>	Tiempo contenedor primario.....	124
<b>Tabla 9-3</b>	Tiempo de drenado contenedor principal. ....	126
<b>Tabla 10-3</b>	Pruebas de llenado .....	127
<b>Tabla 11-3</b>	Pruebas de drenado.....	127
<b>Tabla 12-3</b>	Pruebas previas de calentamiento. ....	129
<b>Tabla 13-3</b>	Tamaño de la muestra contenedores primarios .....	130
<b>Tabla 14-3</b>	Prueba de calentamiento. ....	130
<b>Tabla 15-3</b>	Pruebas previas sistema automático. ....	131
<b>Tabla 16-3</b>	Número de muestra automático. ....	132
<b>Tabla 17-3</b>	Prueba sistema automático.....	132
<b>Tabla 18-3</b>	Prueba sistema manual. ....	133
<b>Tabla 19-3</b>	Resumen de proceso automático frente a manual. ....	133
<b>Tabla 20-3</b>	Sistema automático frente a un sistema manual. ....	134
<b>Tabla 21-3</b>	Volúmenes Recomendados. ....	135
<b>Tabla 22-3</b>	Volúmenes Recomendados Colorantes. ....	136
<b>Tabla 23-3</b>	Muestras previas cantidades. ....	137
<b>Tabla 24-3</b>	Tamaño de la muestra contenedores primarios .....	137
<b>Tabla 25-3</b>	Pruebas de exactitud de cantidades.....	138
<b>Tabla 26-3</b>	Tamaño de la muestra contenedores primarios .....	138
<b>Tabla 27-3</b>	Tipo de mezcla y velocidad recomendada .....	140
<b>Tabla 28-3</b>	Relación entre velocidad, pwm, rpm. ....	141
<b>Tabla 29-3</b>	Comparación de tiempos. ....	141
<b>Tabla 30-3</b>	Comparación entre Temperaturas. . ....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Clasificación de las bebidas.....	9
<b>Figura 2-1</b>	Infusión de té. ....	10
<b>Figura 3-1</b>	Refrescos .....	11
<b>Figura 4-1</b>	Mezcla homogénea.....	13
<b>Figura 5-1</b>	Mezcla heterogénea.....	14
<b>Figura 6-1</b>	Soluto y Solvente . ....	15
<b>Figura 7-1</b>	Automatización Industrial. ....	16
<b>Figura 8-1</b>	Fases de la Automatización Industrial.....	17
<b>Figura 9-1</b>	Arquitectura del PLC. ....	18
<b>Figura 10-1</b>	Plc Compacto. ....	19
<b>Figura 11-1</b>	Plc Modular. ....	20
<b>Figura 12-1</b>	Parte del Grafcet. ....	21
<b>Figura 13-1</b>	Etapa.....	21
<b>Figura 14-1</b>	Transición. ....	21
<b>Figura 15-1</b>	Elementos de sistemas neumáticos. ....	23
<b>Figura 16-1</b>	Tipos de compresores. ....	23
<b>Figura 17-1</b>	Unidad de Mantenimiento. ....	24
<b>Figura 18-1</b>	Tuberías y Conductos. ....	24
<b>Figura 19-1</b>	Número de vías. ....	25
<b>Figura 20-1</b>	Número de posiciones. ....	25
<b>Figura 21-1</b>	Cilindro Simple Efecto. ....	26
<b>Figura 22-1</b>	Cilindro Doble Efecto. ....	26
<b>Figura 23-1</b>	Principio de Pascal. ....	27
<b>Figura 24-1</b>	Unidad de Accionamiento. ....	28

<b>Figura 25-1</b>	Depósito.....	28
<b>Figura 26-1</b>	Clasificación de las bombas hidráulicas.....	28
<b>Figura 27-1</b>	Clases de válvulas hidráulicas.....	29
<b>Figura 28-1</b>	Cilindro Hidráulico.....	29
<b>Figura 29-1</b>	Contenedor Primario.....	32
<b>Figura 30-1</b>	Agitador de paletas.....	33
<b>Figura 31-1</b>	Agitador de Hélice.....	34
<b>Figura 32-1</b>	Agitador de Turbina.....	34
<b>Figura 33-1</b>	Clasificación de los Dispositivos Electrónicos.....	35
<b>Figura 34-1</b>	Pulsadores.....	36
<b>Figura 35-1</b>	Microcontrolador.....	36
<b>Figura 36-1</b>	Motor.....	36
<b>Figura 37-1</b>	Clasificación de los Sensores.....	38
<b>Figura 38-1</b>	Formas de Medir el Nivel de Líquido.....	39
<b>Figura 39-1</b>	Medición del Tiempo.....	40
<b>Figura 40-1</b>	Sensor Ultrasónicos.....	41
<b>Figura 41-1</b>	Termopar.....	42
<b>Figura 42-1</b>	Tipos de Termocuplas.....	42
<b>Figura 43-1</b>	Termistor.....	43
<b>Figura 44-1</b>	RTD.....	43
<b>Figura 45-1</b>	PT100 Linealidad.....	44
<b>Figura 46-1</b>	Partes del PT100.....	45
<b>Figura 47-1</b>	Divisor de Voltaje.....	46
<b>Figura 48-1</b>	Puente de Wheanstone.....	46

<b>Figura 50-1</b>	RTD con Amplificador Diferencial.....	47
<b>Figura 51-1</b>	Organización Interna del Microcontrolador. ....	47
<b>Figura 52-1</b>	Partes de un Arduino. ....	49
<b>Figura 53-1</b>	Transistor.....	51
<b>Figura 54-1</b>	Transistor NPN. ....	51
<b>Figura 55-1</b>	Transistor PNP.....	52
<b>Figura 56-1</b>	C. Base-Común.....	52
<b>Figura 57-1</b>	C. Emisor-Común. ....	53
<b>Figura 58-1</b>	C. Colector-Común. ....	53
<b>Figura 59-1</b>	Transistores Darlington. ....	53
<b>Figura 60-1</b>	Símbolo del Tiristor. ....	55
<b>Figura 61-1</b>	Símbolo del SCR.....	56
<b>Figura 62-1</b>	Símbolo del TRIAC. ....	57
<b>Figura 63-1</b>	Relé de Estado Sólido. ....	57
<b>Figura 64-1</b>	Variables del Sistema de Control.....	59
<b>Figura 65-1</b>	Sistema de Lazo Abierto. ....	60
<b>Figura 66-1</b>	Sistema de Lazo Cerrado.....	61
<b>Figura 67-1</b>	Ejemplo de Control On/Off. ....	62
<b>Figura 68-1</b>	Control por Tiristor. ....	63
<b>Figura 69-1</b>	Control por Tiristor. ....	63
<b>Figura 70-1</b>	Ancho de Pulso .....	64
<b>Figura 71-1</b>	Resistencia Tipo Tubular.....	65
<b>Figura 72-1</b>	Resistencia Tipo Cartucho.....	66
<b>Figura 73-1</b>	Resistencia Tipo Abrazadera. ....	66
<b>Figura 74-1</b>	HMI.....	67
<b>Figura 75-1</b>	Arquitectura Android. ....	68

<b>Figura 76-1</b>	Android Studio.....	70
<b>Figura 1-2</b>	Dimensiones de Contenedores Primarios.....	72
<b>Figura 2-2</b>	Dimensiones Contenedor Principal.....	73
<b>Figura 3-2</b>	Paletas Planas Vista Frontal.....	74
<b>Figura 5-2</b>	Cuadro de constantes Kt y Kl. ....	76
<b>Figura 6-2</b>	Diseño Mecánico Final del sistema.....	77
<b>Figura 7-2</b>	Cuadro de densidades de Zumo de Pulpa Fruta sin azúcar.....	78
<b>Figura 8-2</b>	Puntos de cálculo de presiones. ....	80
<b>Figura 9-2</b>	Hoja de datos de Mangueras de Poliuretano.....	83
<b>Figura 10-2</b>	Alturas de las Válvulas.....	84
<b>Figura 11-2</b>	Pulso PWM Arduino. ....	85
<b>Figura 12-2</b>	Opto acoplador 4n25.....	86
<b>Figura 13-2</b>	Circuito de potencia para control de motor DC.....	86
<b>Figura 14-2</b>	Propiedades térmicas de zumos de frutas. ....	87
<b>Figura 15-2</b>	Diseño de ubicación de resistencia.....	89
<b>Figura 16-2</b>	Sensor de Temperatura PT100.....	90
<b>Figura 17-2</b>	Puente de Wheanstone.....	90
<b>Figura 18-2</b>	Puente de Wheanstone y Amplificador de Instrumentación.....	91
<b>Figura 19-2</b>	Variación de resistencia del sensor de acuerdo a °C.....	91
<b>Figura 20-2</b>	Opto acoplamiento Circuito Temperatura. ....	93
<b>Figura 21-2</b>	Circuito para control de resistencia.....	93
<b>Figura 22-2</b>	Calibre de conductores. ....	95
<b>Figura 23-2</b>	Breaker Bipolar.....	96
<b>Figura 24-2</b>	Diseño PCB. ....	96
<b>Figura 25-2</b>	Modo Manual HMI.....	97

<b>Figura 26-2</b>	Modo Automático Ingreso de Variables HMI. ....	98
<b>Figura 27-2</b>	Tiempo HMI. ....	99
<b>Figura 28-2</b>	Temperatura HMI. ....	99
<b>Figura 29-2</b>	Error Cantidades de mezcla HMI.....	100
<b>Figura 30-2</b>	Error Suma de Cantidades de mezcla HMI. ....	100
<b>Figura 31-2</b>	Error tiempo de mezcla HMI. ....	101
<b>Figura 32-2</b>	Error temperatura de mezcla HMI. ....	101
<b>Figura 33-2</b>	Panel de Monitorización HMI. ....	102
<b>Figura 34-2</b>	Control Encendido/Apagado de Llenado.....	103
<b>Figura 35-2</b>	Control de Temperatura.....	103
<b>Figura 36-2</b>	Grafcet PLC.....	104
<b>Figura 37-2</b>	Comunicación PLC Arduino. ....	105
<b>Figura 38-2</b>	Niveles de Voltaje.....	105
<b>Figura 39-2</b>	Vel. de Trasmisión. ....	106
<b>Figura 40-2</b>	Modulo Bluetooth ZS040. ....	107
<b>Figura 41-2</b>	Logo de Android Studio. ....	108
<b>Figura 42-2</b>	Pantalla de Conexión HMI. ....	108
<b>Figura 43-2</b>	Cadena de datos HMI.....	109
<b>Figura 44-2</b>	Descomposición de Cadena de datos HMI.....	109
<b>Figura 47-2</b>	Comparaciones.....	110
<b>Figura 49-2</b>	Cambio de Pestaña. ....	111
<b>Figura 48-2</b>	Función Selectar.....	111
<b>Figura 50-2</b>	Envío de carácter.....	111
<b>Figura 51-2</b>	Función ConnectedThread.....	112
<b>Figura 1-3</b>	Sistemas de Mezclado según la viscosidad de fluido. ....	114
<b>Figura 2-3</b>	Indicadores Cuantificados agitadores.....	116

<b>Figura 3-3</b>	Indicadores Cuantificados Sistemas de trasmisión. ....	119
<b>Figura 4-3</b>	Agitador descentrado.....	119
<b>Figura 5-3</b>	Placas deflectoras.....	120
<b>Figura 6-3</b>	Sistema diseñado y sistema implementado.....	120
<b>Figura 7-3</b>	Dimensiones del contenedor primario.....	123
<b>Figura 8-3</b>	Dimensiones del contenedor principal .....	125
<b>Figura 9-3</b>	Comparación tiempos de llenado .....	128
<b>Figura 10-3</b>	Comparación de tiempos drenado.....	129
<b>Figura 11-3</b>	Pruebas de calentamiento.....	131
<b>Figura 12-3</b>	Proceso automático vs manual.....	133
<b>Figura 13-3</b>	Colorantes permitidos.....	135
<b>Figura 14-3</b>	Tipo de Velocidades.....	139
<b>Figura 15-3</b>	Placa del motor utilizado.....	139
<b>Figura 16-3</b>	Placa del motor utilizado.....	140
<b>Figura 17-3</b>	Agitador paleta plana en acero Inox 304.....	144
<b>Figura 18-3</b>	Tuberia desarmable acero Inox 304.....	144

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Vcil</b>	Volumen del cilindro
<b>Vf</b>	Volumen del fondo del cilindro
<b>Vtot</b>	Volumen total del recipiente
<b>W</b>	Watts
<b>VDC</b>	Voltaje de corriente directa
<b>VCA</b>	Voltaje de corriente alterna
<b>Kwh</b>	Kilowatt hora
<b>A</b>	Amperios
<b>CC</b>	Centímetros Cúbicos
<b>P(A)</b>	Presión en el punto A
<b>P(B)</b>	Presión en el punto B
<b>F(A)</b>	Fuerza en el punto A
<b>F(B)</b>	Fuerza en el punto B
<b>A(B)</b>	Área en el punto B
<b>Cal</b>	Caloría
<b>Kcal</b>	Kilocaloría.
<b>E</b>	Energía
<b>Pr</b>	Potencia de resistencia calefactora

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A.** Planos Mecánicos del sistema
- ANEXO B.** Diseño Neumático del Sistema.
- ANEXO C.** Hoja de datos 4n25.
- ANEXO D.** Hoja de datos 2N3055.
- ANEXO E.** Hoja de datos PT100.
- ANEXO F.** Programación arduino.
- ANEXO G.** Programación HMI.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación fue desarrollado para dar una óptima solución en cuanto a precisión de cantidades a mezclar, tiempos de mezclado y temperatura del producto final para el “Mezclado de Bebidas Preparadas en la Planta de Lácteos de la Espoch”, se recopiló y analizó la información necesaria, y se determinó que los productos alimenticios en su mayoría son fluidos no newtonianos de media y baja viscosidad por lo que un agitador de tipo paletas es el más adecuado para la mezcla de bebidas, se diseñó los sistemas mecánicos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos más apropiados para el proceso, tratando de optimizar los recursos disponibles. El sistema en su totalidad está construido en Acero Inoxidable 304, y está siendo controlado por un PLC trabajando conjuntamente con el microcontrolador Arduino, los cuales son encargados de recibir los datos de los sensores de nivel, sensores de temperatura, pulsadores, procesarlos y controlar los actuadores del sistema como electroválvulas hidráulicas, cilindro neumático, resistencia calefactora, motor DC, mediante el uso de relés, circuitos de potencia y relés de estado sólido. El sistema en su totalidad es controlado por una Interfaz de Usuario (HMI) diseñada en el sistema operativo de código abierto Android, haciendo uso de la herramienta oficial de Google para el desarrollo de aplicaciones en dispositivos Android, esta interfaz de usuario se comunica con el sistema mediante tecnología inalámbrica Bluetooth 2.0 y permite un control más cómodo del Sistema. Logrando reducir el tiempo hasta en un 50% en la preparación de bebidas, con el sistema implementado frente a la forma manual. El diseño de los contenedores del equipo facilita su limpieza y evita que se acumulen desperdicios de procesos anteriores, así como la proliferación de bacterias.

Palabras Clave: <SISTEMA DE LAZO CERRADO> <CONTROL AUTOMÁTICO> <SISTEMA MECÁNICO> <BEBIDAS PREPARADAS> <MEZCLADOR TIPO PALETAS> <COMUNICACIÓN BLUETOOTH> <PLATAFORMA ANDROID> <CONTROL Y REDES INDUSTRIALES>

## SUMMARY

The actual work's title was developed to give an optimal solution to the precise amount of mixing times, and the final product temperature for the "Mixing of Prepared Beverages in the Lacteos site at the Espoch" we compiled and analyzed all the necessary information and it was determined that the food products in their majority are fluids not Newtonians of medium and low viscosity, therefore an agitator of pallet type is the most appropriate to mix beverage. The mechanic, electronic, pneumatic and hydraulic system desing, was the most appropriate for the process, trying to optimize the available resources. The system in its totally was built in stainless steel 304, and it has been controlled by a PLC working together with the Arduino microcontroller, which are in charge of received the data from de the level's sensors, temperature's sensors, buttons, processing and controlling the system's started as a electrovalves hydraulics, pneumatic cylinder, heating resistant, DC motor, throughout to use of relay, circuit potency, and relays of solid state. The system in its totally is controlled by an user interface (HMI) designed in the open system from Android open code, making use of Google's official tool to develop the applications in the Android Device, this interface communicates with the system through the wireless technology Bluetooth 2.0 and allows a better control of the System. Thereby reducing the time up to a 50% in the preparation of beverages, with the implemented system against the manual form. The design of equipment containers makes it easy to clean and prevents from old waste accumulation, as much as bacteria proliferation.

KEY WORD <CLOSED LOOP SYSTEM> <AUTOMATIC CONTROL> <MECHANIC SYSTEM> <PREPARED BEVERAGES> <PALLET TYPE MIXER> <BLUETOOTH COMMUNICATION> <ANDROID PLATAFORM> <INDUSTRIAL CONTROL AND NETWORK>

## **INTRODUCCIÓN**

El avance de la tecnología ha dado como resultado que la industria alimentaria forme parte fundamental del sector económico del país, encaminados a la obtención de nuevos productos, optimización de materia prima, calidad del producto, eficiencia en los equipos utilizados.

Las características climatológicas, la gran variedad de tipos de suelo, y automatización de procesos industriales contribuyen de gran manera a que los productos procesados a base de frutas y vegetales respondan con exigencias internacionales para bebidas de consumo masivo, siendo esta rama de la industria una de las mayores con inversión extranjera e incremento en la productividad del sector.

La planta de Lácteos de la ESPOCH hoy en día siendo un centro de investigación pretende la correcta indagación y elaboración de nuevos productos agroindustriales, por lo cual se necesita un equipo de mezcla para la elaboración de bebidas preparadas.

Este equipo está constituido por elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos e hidráulicos en los cuales se ha hecho el dimensionamiento adecuado y la adaptación al proceso requerido para evitar el desperdicio de recursos y el correcto funcionamiento, documentando detalles importantes a considerar en este documento.

La metodología científica es la técnica escogida para este trabajo permitiendo aprovechar los conocimientos adquiridos con los estudios superiores y plasmándolos en la tecnificación del proceso, determinando las ventajas y desventaja, fallas, condiciones de funcionamiento de la maquina construida.

## **ANTECEDENTES**

La Planta de Lácteos de Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en sus inicios ofertaba productos tales como leche pasteurizada, queso y yogurt, los cuales son derivados lácteos, a la planta ingresa un máximo entre 400 - 450 litros de leche cruda al día para ser procesada, de los cuales el 50% se destina a leche pasteurizada, un 30% a la producción de queso, y el restante a yogurt.

Actualmente según la ley orgánica de Educación Superior basado en el Art 132 las instituciones públicas o privadas no pueden tener fines de lucro, por esta razón la planta pasa de la Unidad de producción a Unidad de investigación.

La planta no contaba con un equipo adecuado para el desarrollo e investigación de nuevos productos, por falta de una planificación sistematizada causando en los estudiantes que acuden a la planta que no complementen los conocimientos teóricos con los prácticos, alcanzar con sus productos previamente investigados los estándares de calidad que cada producto producido requiere, desconocer el impacto que tendrá en los posibles consumidores de este nuevo producto.

Basados en estos antecedentes, y que en la actualidad el gobierno de turno promueve al desarrollo y consumo de productos nacionales se planteó la “Implementación de un Sistema de Mezclado para Bebidas Preparadas”, la que ayudara a la investigación de posibles nuevos productos que puedan ser lanzados al mercado.

Para la elaboración de este sistema se hizo un estudio de la publicación de Pablo Francisco Erazo Soria y Ricardo Javier Vizúete Benítez el cual titula MEZCLADORA INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE VINO DE FRUTAS página 138 concluye que al utilizar una maquina mezcladora industrial es una inversión que se retribuirá al incrementar la producción además mejorar la calidad del producto.

Es importante tomar en cuenta pequeños detalles en la máquina como lo recomienda Alexandra Elizabeth Terán Gordillo en su investigación DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA PARALA PRODUCCIÓN DE PINTURAS PLASTISOL página 137:

- Ajustar muy bien las chumaceras para obtener una alineación adecuada para el eje de rotación que permite una buena estabilidad de movimiento.
- Utilizar tamices adecuados para obtener óptimos rendimientos y un producto de mejor calidad.
- El cernido del fluido mejora si el orificio de los tamices es menor logrando un fluido sin grumos, sin impurezas, de buena consistencia y por lo tanto de mejor calidad.

Con estas recomendaciones y conclusiones de investigaciones anteriores y en base a los estudios y conocimientos obtenidos, sirvieron para la elaboración del sistema

## **Planteamiento del problema**

## **Formulación del problema**

¿Cómo ayuda la implementación de un sistema de mezclado industrial para bebidas preparadas en la planta de lácteos de la Espoch para aumentar la investigación?

### **Sistematización del problema**

¿Qué sistemas se utilizan para el mezclado de los componentes en la preparación de bebidas?

¿Cuál es el tiempo que se demora en realizar este proceso?

¿Qué tan provechoso sería utilizar un sistema automático de mezclas frente al sistema manual?

¿El sistema a construir nos entrega un producto final que cumpla con los niveles de calidad requeridos para productos de consumo masivo?

### **Justificación del trabajo de grado**

#### **Justificación teórica**

En esta investigación se realizó un análisis y comprobación de los componentes utilizados, se debe hacer el cálculo correspondiente para el diseño de la máquina la cual debe incluir:

- El análisis de los fenómenos de dinámica de fluidos analizando las pérdidas que tenga el sistema por accesorios en las tuberías
- Los problemas relacionados remolinos en el tanque
- Perdida de potencia
- Análisis y dimensionamiento neumático.
- Sistema de mezcla

En el diseño del sistema de Mezclado específicamente para el cálculo de las paletas se tomó en cuenta cada carga a la cual estas van a estar sujetas, para lo cual se realizó un sistema de agitación vertical centrado en un tanque con un impulsor de turbina de aspas planas, para el movimiento del agitador se utilizó un motor, y el agitador se monta en forma vertical y centrado al tanque de agitación. Las ventajas de utilizar este tipo de sistemas son:

- Se produce la formación de flujo turbulento que facilita la tarea de agitación y mezcla de los diferentes ingredientes de mezclado.
- Facilita la obtención del movimiento giratorio del eje en una posición vertical.
- Se reducen los esfuerzos que actúan sobre el agitador.

Del sistema de transmisión de movimiento según las investigaciones se determinó utilizar un motor con caja de reducción de velocidad por medio de engranes metálicos por las siguientes razones:

- Resulta ser un sistema muy económico.
- Es posible tener la relación de transmisión necesaria para obtener la velocidad requerida del eje del agitador.
- Posibilidad de diseñar el sistema con mayores distancias entre centros.

En cuanto al sistema control se va a utilizar un PLC para el manejo de válvulas, sensores, etc., por un sin número de factores que entre los más importantes tenemos:

- Confiabilidad
- La posibilidad de controlar etapas que no estaban contemplados con los dispositivos modulares que nos brindan las distintas marcas de PLC
- Disminución ruido por lo general se debe trabajar con sensores y en ambientes poco recomendables.
- Soporte 24/7
- Manejo de datos
- Facilidad visualizar las señales en un computador

Para la parte electrónica se utilizó:

- Sensores ultrasónicos para medir el nivel de los recipientes
- Circuito de potencia a base de transistores para control del motor de agitación.
- Un relee de estado sólido basado en semiconductores para el control del calentador del recipiente principal.

HMI (Interfaz Operario Maquina)

La interfaz de usuario nos permite realizar lo siguiente:

- Control de las funciones manipulables del sistema, como cantidades de mezcla, tiempo, temperatura del sistema.
- El sistema permite elegir entre modos de uso, un Modo Automático y un modo Manual
- Información de estado de funcionamiento del equipo.
- Configuración de la propia interfaz y entorno.
- Control de acceso.
- Puesta en marcha y paro del equipo.

La interfaz de usuario fue diseñada en bajo la SDK de la plataforma Android, la cual es de código abierto, es controlado bajo un dispositivo Android mediante comunicación inalámbrica bluetooth, y se comunica al sistema mediante un microcontrolador y Comunicación Serial con el PLC.

Para el diseño del recipiente donde se mezclan los fluidos se tomó muy en cuenta un agitador posicionado axialmente, hubo una tendencia a desarrollarse un flujo de remolino, independientemente del tipo de impulsos que se utilizó.

Al encontrarse el líquido de rotación se produce un vórtice debido a la fuerza centrífuga que actúa sobre el líquido que gira. En caso de rotación rápida y fluidos de baja viscosidad, el vórtice puede alcanzar la cabeza del agitador con que provocará que el agitador arrastre aire en el líquido, esto es lo que se quiere evitar ya que hace que se esfuerce demasiado el eje del agitador, apoyos y juntas debido a la ausencia del soporte líquido.

En un tanque sin placas deflectoras, el flujo circulatorio es inducido por todos los tipos de rodete, tanto si el flujo es axial como radial. Si los remolinos son intensos, el tipo de flujo dentro del tanque es esencialmente el mismo, independientemente del diseño del rodete.

Para velocidades de giro del rodete elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que llegue al rodete mismo, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él, lo cual normalmente debe evitarse, para un resultado óptimo necesariamente se debe escoger los mejores modelos que se ajusten a nuestra necesidad.

### **Justificación aplicativa**

Con este prototipo se pretende solucionar algunos problemas especialmente en el área de producción en distintas empresas que se dediquen a la producción refrescos que cubra todos los estándares de

calidad requeridos y con una optimización de recursos económicos de esta manera generando un impacto ambiental mínimo a través de dispositivos programables de última generación

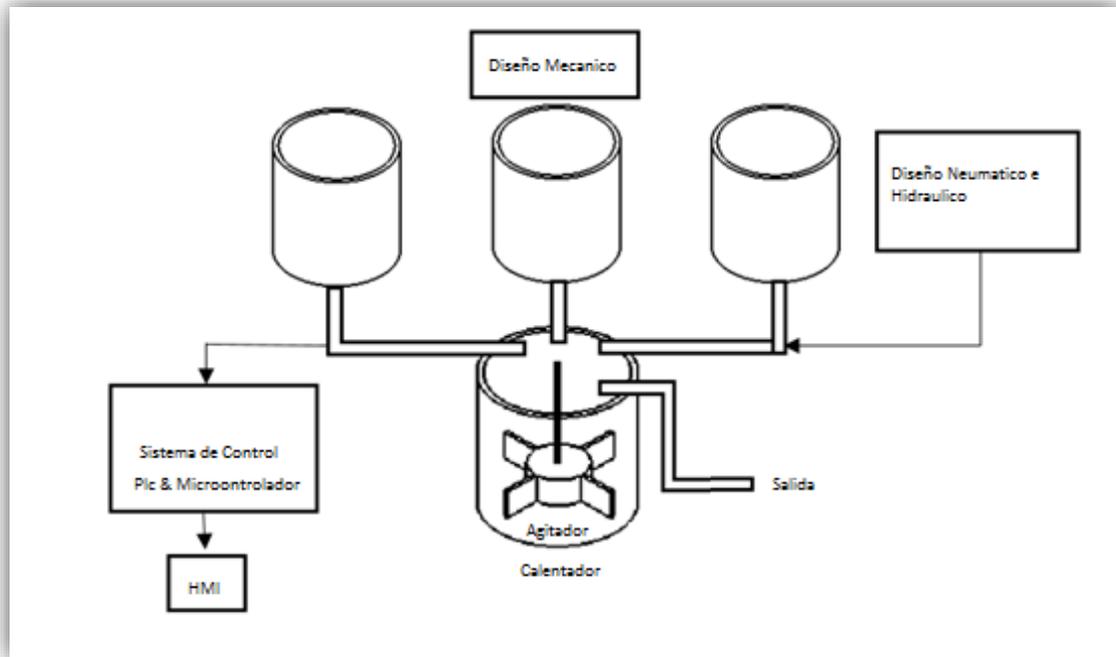


Figura. Esquema del Sistema de Mezclado  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

## Objetivos

### Objetivos generales

Implementar un Sistema de Mezclado Industrial para preparar bebidas en la planta de lácteos de la ESPOCH

### Objetivos Específicos

- Investigar las técnicas aplicadas actualmente en procesos de mezclas de fluidos, mediante la aplicación de instrumentos de recolección de información para conocer las causas del problema en estudio.
- Analizar qué tipo de agitador es el más adecuado en este proceso, mediante pruebas, a fin de definir la mezcla que cumpla los estándares de calidad requeridos.
- Diseñar y construir un sistema de mezclado industrial de bebidas preparadas a través de metodologías contextualizadas para optimizar recursos económicos y técnicos.

- Diseñar un sistema de control mediante el uso de PLC y HMI, para el control del agitador, y temperatura del sistema de mezcla
- Dimensionar un Sistema Electro neumático para mando y control de cilindros simple efecto.
- Verificar las mejoras obtenidas con el prototipo implementado en la calidad de la bebida y sus distintas variables como adhesión, exactitud, mezclado, etc.

### **Métodos y técnicas**

El método a utilizar para la presente investigación es el método científico, que permite:

- Plantear el problema.
- Levantar la información necesaria.
- Analizar e interpretar los Resultados.
- Recopilar la información necesaria.
- Comprobación.

Para complementar la investigación se aplicará el MÉTODO DEDUCTIVO que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse: la observación, la clasificación y estudio, la derivación inductiva y la contrastación. Se usa este método para analizar las etapas y variables para que el sistema funcione correctamente.

Para la recopilación de la información necesaria que sustente el presente trabajo de investigación, se ha establecido como técnicas las siguientes:

### **Técnicas de recopilación de información**

- Investigación bibliográfica: Para lo que tiene que ver a fuentes de información se utilizarán principalmente libros, revistas, páginas web, etc.
- Observación: En los lugares donde aplican este tipo de aplicación

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Bebidas Preparadas

##### 1.1.1. *Qué son las bebidas preparadas*

Las bebidas más comunes que el ser humano ha consumido a lo largo de la historia además del agua, son los diferentes tipos de jugos y líquidos que se pueden obtener de manera natural o artificial. Hoy en día existe una gran variedad de bebidas en el mercado, entre ellas tenemos:

- Leche.
- Gaseosas.
- Jugos.
- Aguas saborizadas artificialmente.
- Bebidas alcohólicas.

Cada una de estas bebidas supone un presupuesto y un tipo de consumidor diferente ya que las bebidas alcohólicas suelen ser más caras y consumidas solamente por adultos.

Desde el agua potable hasta los productos líquidos procesados son considerados bebidas, mientras hayan cumplido con todas las normas que les permiten estar aptos para el consume humano.

En cuanto a los componentes utilizados tenemos:

- Zumos de frutas.
  - Esencias naturales.
  - Esencias artificiales.
  - Edulcorantes naturales.
  - Glucosa.
  - Fructosa.
  - Azúcar.
  - Anhídrido carbónico.
  - Agua. (Bebidas no Alcohólicas.
2009. w.fenecidadan.net)

##### 1.1.2. *Clasificación de las Bebidas.*

El desarrollo de la industria de bebidas ha crecido de una manera sorprendente invadiendo el mercado con innovadores productos, alternando las bebidas alcohólicas, su producción ha sido tan acelerada que incluso en la actualidad iguala o supera a las bebidas alcohólicas la figura 1-1 muestra la clasificación de las bebidas.



**Figura 1-1 Clasificación de las bebidas**

Fuente:( Clasificación de las Bebidas. (2011). <http://www.escuelahosteleria.org>)

### 1.1.2.1. *Bebidas preparadas sin alcohol.*

**Agua:** Es una de las bebidas con mayor demanda por su importancia para la vida y que se comercializan atacando diferentes sectores y características demandadas por el cliente:

Por lo general suelen ser aguas procedentes de sitios exóticos como glaciares, acuíferos protegidos o aguas que vienen enriquecidas con algún elemento adicional. Pero muchas de estas aguas, a pesar de denominarse de lujo, son aguas normales sometidas a un proceso de purificación.

#### **Tipo de agua comercializada**

- **Agua Mineral:** Es agua sin gas, nace de vertientes naturales, sometido a un proceso de tratamiento para que conseguir las condiciones para el consumo humano, contiene calcio, magnesio, hierro y otros minerales.
- **Agua Tónica:** Es agua efervescente que, para darle sabor, se le agrega quinina y se la endulza con azúcar, jarabe de maíz rico en fructosa o un edulcorante de bajas calorías.
- **Agua con Gas:** Contiene ácido carbónico disuelto, que se traduce en burbujas. Este tipo de agua se caracteriza por su sabor ligeramente amargo. Sus propiedades 'organolépticas' constituyen uno de los motivos principales de su consumo. Especialistas dicen que mejora la digestión. (Blanco, V. 2013. <https://ticd.files.wordpress.com>)

**Leche:** Como bebida tratada proporciona nutrientes necesarios para el correcto funcionamiento de nuestro organismo como:

- Grasas
- Hidratos de Carbono

➤ Minerales

➤ Vitaminas.

- **Leche Saborizada:** La leche saborizada es una bebida láctea que se produce con leche, saborizantes y azúcar, normalmente enriquecida con vitaminas y calcio. Las bebidas lácteas saborizadas fortificadas con vitaminas y minerales siguen siendo importantes en todo el mundo. Uno de los principales consumidores son los niños. (Lácteos y Derivados. 2014. <http://www.sanutricion.org.ar>)

**Infusiones de Hierbas:** Se obtiene con agua caliente no necesariamente que haya llegado al punto de ebullición con hojas, hierbas aromáticas, algunos frutos, etc. La figura 3-1 ilustra los tipos de infusiones.

Propiedades curativas:

- **Stevia:** un estimulante para un funcionamiento del páncreas.
- **Hierba de San Juan:** un antidepresivo natural
- **Romero:** favorable para los trastornos digestivos.



**Figura 2-1 Infusión de té.**

Fuente: (Clasificación de las Bebidas. 2011. <http://www.escuelahosteleria.org>)

**Refrescos:** Las bebidas refrescantes están divididas según su composición

**Bebidas refrescantes aromatizadas:** contienen, fundamentalmente, agua potable, carbónica o no, edulcorantes naturales o artificiales, agentes aromáticos y aditivos y además, pueden obtener zumos de frutas, cloruro sódico, ácido ascórbico, un volumen de anhídrido carbónico en las que sean gaseosas.

- **Bebidas refrescantes de extractos:** son bebidas carbónicas elaboradas con agua potable, extractos de frutas, agentes aromáticos naturales de origen vegetal, edulcorantes y aditivos autorizados.
- **Bebidas refrescantes de zumos de frutas:** se componen, al igual que las demás bebidas carbónicas o no, de agua potable, zumos de frutas y edulcorantes naturales.
- **Bebidas refrescantes de disgregados de frutas:** preparadas con agua potable, disgregados de frutas interpuestos o emulsionados y edulcorantes. (Refrescos. 2010. <http://www.magrama.gob.es>)



**Figura 3-1 Refrescos**

Fuente: (Clasificación de las Bebidas. 2011. <http://www.escuelahosteleria.org>)

**Zumo de frutas:** Son el resultado del licuado, batido, triturado y exprimido de frutas y vegetales, combinadas frecuentemente con leche para formar los batidos, generalmente posee el color, aroma y sabor característicos de los zumos de la fruta de la que procede. Sus características le hacen un producto muy apetecido en el mercado:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| ➤ Alto poder hidratante                       | ➤ Contiene antioxidantes        |
| ➤ Alta concentración de vitaminas y minerales | ➤ Poder nutritivo alto          |
|   | ➤ Variedad de frutas y sabores. |

#### ***1.1.2.2. Composición de bebidas preparadas***

Las bebidas preparadas refrescantes llevan por lo general los siguientes ingredientes:

- **Agua:** Representa del 86 al 92% de acuerdo de la bebida de que se trate es el ingrediente principal por lo que el grado de pureza debe ser el máximo, los requisitos requeridos son los de la norma INEN 1108 denominada Requisitos del Agua Potable.

- **Carbohidratos:** Para la elaboración de bebidas se utiliza un tipo de azúcar refinado llamado sacarosa, después del proceso de refinación el azúcar ha perdido elementos como proteínas, minerales, enzimas, fibra, vitaminas, y grasas.
- **Zumos de frutas:** Se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos (jugos) de la fruta de que proceden, tomando en cuenta las normas internacionales de alimentos. (CODEX STAN 247-2005(2005). <http://es.scribd.com/doc/57942048/CODEX-PARA-ZUMOS-JUGOS-Y-NECTARES-DE-FRUTAS#scribd>)
- **Proteínas y aminoácidos:** actúan como combustibles y agentes estimulantes ayudando a preservar el glucógeno en los músculos para una mejor recuperación después del ejercicio retardando la fatiga.
- **Vitaminas y minerales:** las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales para reacciones metabólicas específicas. Se suelen adicionar a las bebidas preparadas vitaminas del grupo B (B1, B2 y B6) y vitamina C, y minerales (sodio, potasio, magnesio).

**Aditivos permitidos en las bebidas:** Se conoce como aditivo a las sustancias que ayudan a la modificación de la estructura organoléptica mejorando las características naturales de las bebidas como por ejemplo mejorar la optimización del proceso de industrialización, conservación, salubridad.

- **Saborizantes:** sustancia que actúa transmitiendo un sabor y aroma con el fin de ser agradable para el consumidor final, Entre estos se tienen al ácido cítrico, ácido tartárico, ácido fosfórico, ácido málico, ácido ascórbico, cafeína, etc.
- **Colorantes:** son aquellos que otorgan color característico a los alimentos entre estos se citan; amarillo, amaranto, eritrosina, caramelo.
- **Edulcorantes artificiales:** es un producto sustitutivo al azúcar (sacarosa), su función es fortificar el sabor dulce en las bebidas. Entre ellos se tiene a la sacarina, ciclamato.
- **Conservantes:** son sustancias que permiten alargar el período de conservación del alimento manteniéndolo en un óptimo estado, previniendo el crecimiento microbiano. Entre estos se citan el dióxido de azufre, el ácido benzoico, ácido sórbico, sorbato de sodio o potasio entre otros. (Janeth, C. A. (2011). Determinación de carbohidratos totales en bebidas analcohólicas consumidas por adolescentes en la ciudad de Cuenca y Nabón. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2452>)

## 1.2. Elaboración de las bebidas preparadas

Para la elaboración de bebidas preparadas hay que tomar en cuenta algunos conceptos que se describen a continuación

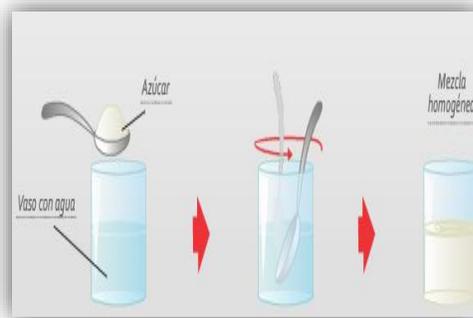
### 1.2.1. Mezclas

La mezcla es el resultado de un proceso combinatorio de dos o más sustancias que no mantienen interacciones químicas pero su composición es variable, cuyas características son:

- Las sustancias que intervienen en el proceso no pierden sus propiedades.
- La cantidad de sustancias que forman una mezcla puede ser variable.
- Cuando se unen las sustancias para formar la mezcla no hay desprendimiento ni absorción de energía eléctrica, calorífica o luminosa.
- Las sustancias que intervienen en el proceso pueden separarse por acciones mecánicas o físicas.

Las mezclas pueden ser homogéneas y heterogéneas. (Mezcla y combinaciones, 28 de octubre de 2010. <https://myprofeciencias.wordpress.com>)

**Mezcla Homogénea:** Se caracterizan por no exhibir sus componentes de manera diferenciada es decir que a simple vista no se pueden diferenciar sus componentes, tal como muestra la figura 5-1.



**Figura 4-1 Mezcla homogénea.**

Fuente: (Mercedes Cavani. 23 de Octubre de 2014. <http://www.educ.ar>)

**Mezcla Heterogénea:** Es aquella mezcla que se puede distinguir sus componentes a simple vista es decir que carecen de uniformidad, la figura 6-1 se observa claramente este tipo de mezcla.



**Figura 5-1 Mezcla heterogénea**

Fuente: (German Santos. 4 de Septiembre de 2012. <https://didactalia.net>)

### **1.2.2. Fenómeno de Agitación**

Es el proceso en el cual se fuerza a un fluido por medios mecánicos a que adquiera un movimiento turbulento circulatorio en el interior de un recipiente, los objetivos de la agitación son:

- Mezcla de dos líquidos miscibles (alcohol y agua)
- Disolución de sólidos en líquido (azúcar y agua)
- Mejorar la transferencia de calor (calentamiento o enfriamiento)
- Dispersión de un gas en un líquido
- Dispersión de partículas finas en un líquido
- Dispersión de dos fases no miscibles (grasa en la leche)

Generalmente el equipo consiste en un recipiente cilíndrico (cerrado o abierto), y un agitador mecánico, montado en un eje y accionado por un motor eléctrico. Las proporciones del tanque varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza del problema de agitación o mezclado. El fondo del tanque debe ser redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes del fluido. Sobre un eje suspendido desde la parte superior, va montado un agitador. El eje está accionado por un motor, conectado a veces, directamente al mismo, pero con mayor frecuencia, a través de una caja de engranajes reductores. (VIAN A., 1976, Elementos de Ingeniería Química, p.718).

### **1.2.3. Soluciones**

Una solución es una mezcla homogénea de dos o más componentes haciendo una diferencia entre las sustancias que se disuelven y aquellas en las cuales se produce la disolución, la figura 7-1 muestra un claro ejemplo de lo citado anteriormente. La sustancia que se disuelve es el soluto y la sustancia en

la cual se produce la disolución se llama disolvente. Las soluciones incluyen las combinaciones diferentes de un sólido, un líquido, o un gas actuando como solvente o como soluto. Normalmente el solvente es un líquido. Solvente normalmente es la especie presente de mayor abundancia. (Soluciones. 2013. <http://www.unalmed.edu.com>)



**Figura 6-1 Soluto y Solvente .**

Fuente: (Editorial Contexto.2010.<http://www.editorialcontexto.com.uy>)

#### **1.2.4. Solubilidad**

Es la máxima masa de una sustancia expresada en gramos que se puede disolver en 100 cm<sup>3</sup> de solvente en determinadas condiciones de temperatura y presión, siendo una propiedad característica de cada sustancia en un solvente y en determinadas condiciones.

Conociendo la solubilidad de una sustancia en un solvente a determinada temperatura y presión, es posible:

- Hallar el volumen mínimo de solvente para disolver determinada masa de una sustancia.
- Calcular la masa de soluto contenida en un volumen de solvente.
- Determinar si una solución es o no saturada.

#### **1.2.5. Factores de Solubilidad**

**Temperatura:** La temperatura es directamente proporcional a la solubilidad, afecta la rapidez y el grado de solubilidad, al aumento de temperatura el soluto penetra con facilidad y en mayor cantidad las moléculas del solvente. Cuando el soluto es un gas, al aumentar la temperatura la solubilidad disminuye.

**Presión:** El efecto de la variación de presión es prácticamente nulo sobre la solubilidad de sólidos y líquidos, pero es grande sobre la solubilidad de los gases. A mayor presión mayor es la solubilidad

de un gas. Las gaseosas son embotelladas a alta presión. Por eso cuando se destapan, el gas que está disuelto sale produciendo burbujas. (Editorial Contexto.2010.<http://www.editorialcontexto.com.uy>)

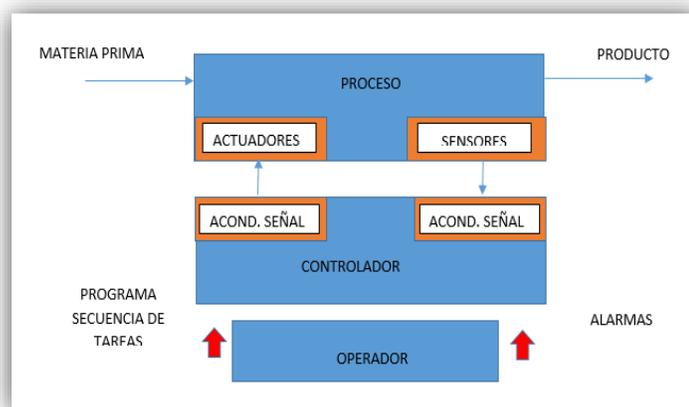
### 1.3. Automatización Industrial

#### 1.3.1. Introducción

Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales, abarca la instrumentación industrial, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. (“Introducción a las redes de comunicación industriales”. (2008). <http://isa.umh.es/asignaturas.>), para una mejor comprensión dirigirse a la figura 8-1.

#### Ventajas de Automatización Industrial

- Aumentar la calidad de sus productos.
- Mejorar los tiempos de producción.
- Reducir los desperdicios.
- Realizar tareas complejas.
- Brindar seguridad a los seres humanos en procesos peligrosos.
- Aumentar la rentabilidad.



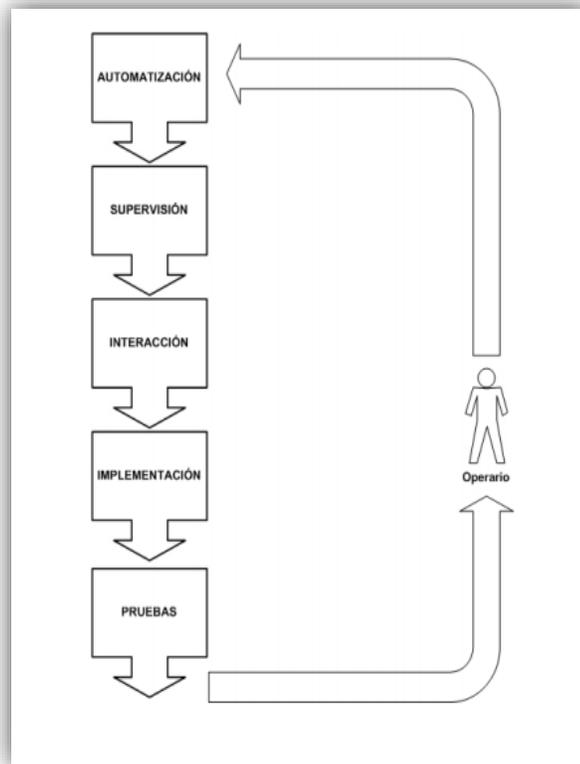
**Figura 7-1 Automatización Industrial.**

Fuente: (Ing. Carlos Ruedas. 2009. <http://www.tec.url.edu.gt> .P.5)

### 1.3.2. *Fases de Automatización Industrial.*

Existen procesos complejos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero técnico. La figura 9-1 describe las fases que el operario debe realizar: (Antoni Granollers. 2007. <http://www.epsevg.upc.edu.P.6>).

1. Automatización.
2. Supervisión.
3. Interacción.
4. Implementación.
5. Pruebas.



**Figura 8-1 Fases de la Automatización Industrial**

Fuente:( Antoni Granollers. 2007. <http://www.epsevg.upc.edu.P.6>)

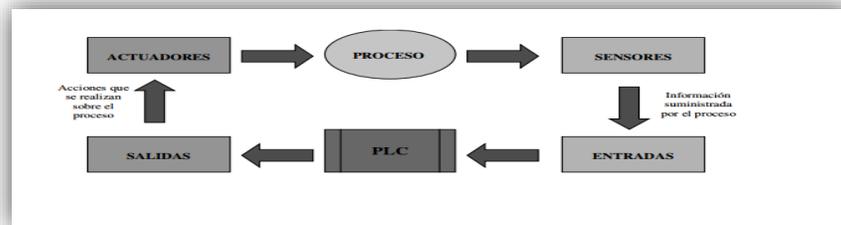
### 1.3.3. *Programador Lógico Controlado (PLC).*

#### **Introducción**

En 1969 la División Hydramatic de la General Motors instaló el primer PLC para reemplazar los sistemas inflexibles cableados usados entonces en sus líneas de producción. Un PLC (Control Lógico

Programable) es un dispositivo que está provisto de características en nivel físico (hardware) y al nivel de programación (software) para controlar dispositivos externos (actuadores).

Es decir, recibir señales de sensores y realizar las operaciones conforme al programa que el usuario requiera en los diferentes procesos a controlar, este proceso se encuentra estructurado gráficamente en la figura 10-1.



**Figura 9-1 Arquitectura del PLC.**

Fuente:( Instrumentación y Comunicaciones Industriales. 2009. <http://www.ing.unlp.edu.ar>. P.7)

Un PLC (Control Lógico Programable) tiene varias ventajas y desventajas que dependerá del tipo de aplicación:

#### **Ventajas:**

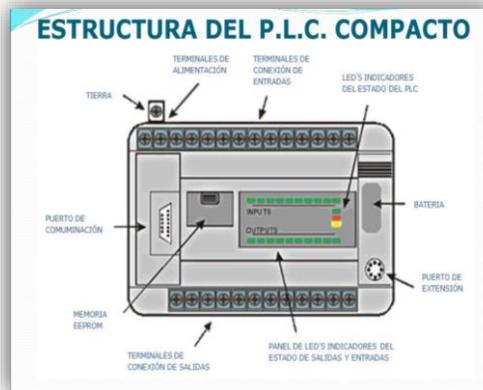
- Menor tiempo de elaboración de procesos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Ahorro de la mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómatas.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.

#### **Desventajas:**

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.
- Adaptación al Medio (ruido eléctrico, temperatura, humedad). (Instrumentación y Comunicaciones Industriales. 2009. <http://www.ing.unlp.edu.ar>. P.1-4)

### 1.3.3.1. Tipos de programadores lógicos controlados

**PLC tipo Compacto:** Este tipo de PLC se caracteriza por contener en un solo bloque la fuente de alimentación, los módulos de entradas y salidas, la fuente alimentación generalmente pueden manejar un rango de 500 I/O y son compatibles con módulos de entradas y salidas analógicas, contadores rápidos, expansiones de I/O, comunicaciones, un claro ejemplo de este tipo de PLC podemos observar claramente en la figura 12-1.



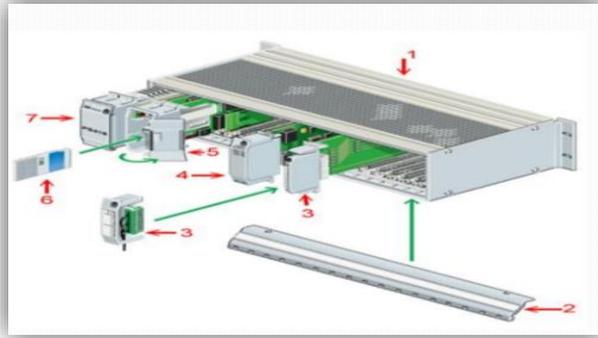
**Figura 10-1 Plc Compacto.**

Fuente:( Controladores Lógicos Programables. 2012. Obtenido de <http://automatica.mex.tl.P.3>)

**PLC tipo Nano:** Generalmente este PLC es de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales. (Instrumentación y Comunicaciones Industriales. 2009. <http://www.ing.unlp.edu.ar>. P.10)

**PLC tipo Modular:** Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos están descritos con mayor claridad en la figura 13-1:

- Rack
- Barra de compensación potencial
- Módulos de I/O
- Tarjeta de comunicación
- CPU
- Tarjeta de memoria.
- Fuente de Alimentación.



**Figura 11-1 Plc Modular.**

Fuente:( Controladores Lógicos Programables. 2012. Obtenido de <http://automatica.mex.tl.P.4>)

### 1.3.3.2. Programación de un PLC

Existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial, estos son:

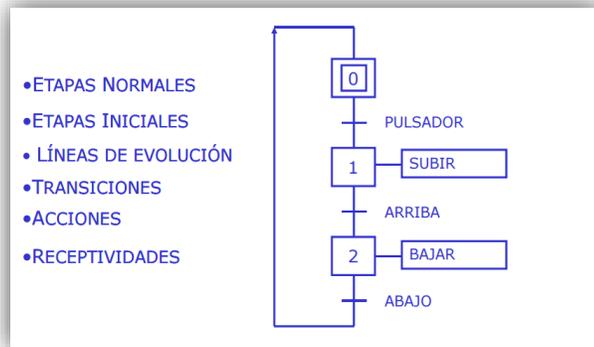
- Lenguaje de contactos o Ladder.
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones.

### Grafcet

Se define como “FORMA DE PROGRAMACIÓN GRÁFICO DE MANDO ETAPA/ TRANSICIÓN”, hay que tomar en cuenta que GRAFCET no es un lenguaje de Programación.

El Grafcet se compone de un conjunto de partes, observar la figura 14-1 para un mejor entendimiento:

- Etapas o Estados: Son las cuales van asociadas acciones.
- Transiciones: Son las que van asociadas receptividades.
- Uniones: Se orientan a las que unen las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.



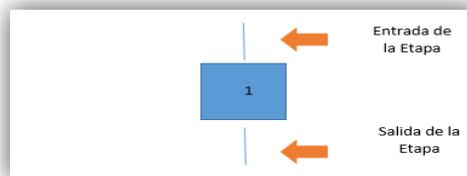
**Figura 12-1 Parte del Grafcet.**

Fuente: (Víctor González, V. (2014). Obtenido de <http://isa.uniovi.es>)

Los símbolos de las partes del Grafcet (etapa, transición) se pueden evidenciar de una manera más clara en las figuras 15-1 y 16-1.

**Etapa:** Su característica principal es que al variar las entradas no existe modificación en las salidas del sistema. Las etapas se representan por un cuadrado con un número, la entrada y salida de una etapa aparece en la parte superior e inferior, respectivamente, de cada símbolo.

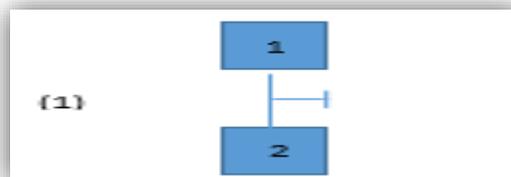
Una etapa puede estar solo en dos estados, activa e inactiva.



**Figura 13-1 Etapa.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

**Transición:** indica la posibilidad de evolución entre etapas. Esta evolución se produce cuando existe franqueo de la transición. El franqueo de una transición provoca el paso en la parte de mando de una situación a otra situación. Víctor González, V. (2014). Obtenido de <http://isa.uniovi.es>.P.5)



**Figura 14-1 Transición.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

## 1.4. Sistemas Hidráulicos y Neumáticos.

### 1.4.1. Introducción

En la industria actualmente no solo se una sola clase de circuitos para automatizar procesos, pero para facilidad de transporte y transformación a otro tipo de energía los circuitos eléctricos son los más utilizados, una alternativa de transporte de energía a lo largo de un circuito son los fluidos permitiéndonos controlar fuerzas muy grandes y con mayor velocidad, ya que con los circuitos eléctricos requieren una gran cantidad de energía eléctrica para realizar el mismo trabajo.

Se diferencian en el fluido que transmiten:

- **Neumáticos:** el fluido es un gas, generalmente el aire. Dado que los gases se pueden comprimir se pierde parte de energía en el transporte del fluido de los generadores a los receptores.
- **Hidráulicos:** el fluido es un líquido, apenas se comprimen. Por lo tanto, transmiten fuerzas mayores ya que no se pierde energía en la compresión. Generalmente los líquidos son agua o aceites. (Serrano, A. 2008. Neumática.P.56)

### 1.4.2. Sistemas Neumáticos

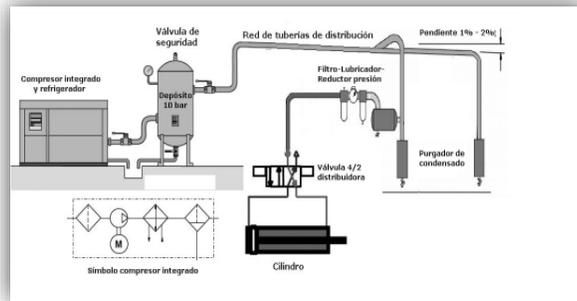
La tecnología neumática se encuentra ampliamente instaurada en el ámbito industrial debido a que es un medio simple para realizar diversas tareas especialmente las fuertemente automatizadas.

Las principales características son:

- **Abundante.**
- **Transportable.**
- **Temperatura:** El aire comprimido es muy poco sensible a los cambios de temperatura, manteniendo su fiabilidad incluso a temperaturas extremas.
- **Limpio:** Es un medio muy limpio en caso de averías, no perjudica a los elementos circundantes, siendo esto muy importante en determinadas industrias como pueden ser las químicas, alimentarias, de la madera, textiles, etc.
- **Alta velocidad de trabajo:** Es un accionamiento muy rápido, que permite la obtención de velocidades de trabajo muy elevadas. (M.Podemeda, J. (2011). Obtenido de <http://roble.pntic.mec.es.P5-7>).

### 1.4.2.1. Elementos de Sistemas Neumáticos

Hay diferentes elementos que forman parte de los circuitos neumáticos, estas partes se visualizan de manera general en la figura 22-1.



**Figura 15-1 Elementos de sistemas neumáticos.**

Fuente: (Blanco, V. (2013). Obtenido de <https://ticd.files.wordpress.com>)

**Compresor:** Es el dispositivo que transforma de energía mecánica (motor) en energía potencial (aire comprimido), la figura 23-1 hace alusión a la clasificación de los compresores.



**Figura 16-1 Tipos de compresores.**

Fuente: (Cautrim, M. (2009). Obtenido de <http://isa.uniovi.es.P10>)

**Unidad de Mantenimiento:** Está compuesto de un grupo de elementos mirar figura 19-1, y su principal función es de adecuar el aire antes que entre al circuito, está conformado por:

- Manómetro.
- Filtro de aire.
- Reductor de presión y lubricador.
- Filtros: Impiden que las impurezas entren en el sistema, evitando daños en los conductos y elementos del circuito, otra función importante es eliminar el agua existente en el aire.
- Reductor de presión: Se encarga de ajustar la presión del aire que se necesita para el resto del circuito.

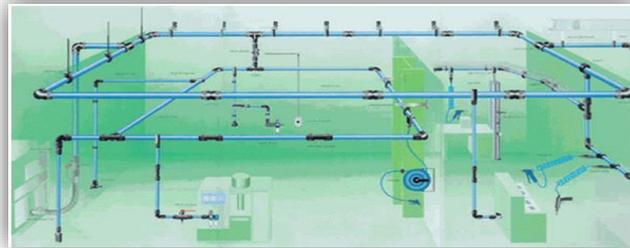
- **Lubricador:** Suministra pequeñas dosis de aceite en el flujo de aire para un correcto mantenimiento evitando el desgaste en los elementos del sistema.



**Figura 17-1 Unidad de Mantenimiento.**

Fuente: (Documentación: AIR VAC, 2016, <http://www.pneumatic.com.mx>)

**Tuberías y Conductos:** Es un elemento de transporte, permitiendo canalizar el aire a todos los elementos un ejemplo claro se observa en la figura 20-1, debe soportar altas presiones su material de fabricación puede ser, acero, cobre, poliuretano. Se debe evitar es las fugas de aire, con este objetivo existen acoplamientos de tuberías llamadas racores y juntas que cierran herméticamente las conexiones.



**Figura 18-1 Tuberías y Conductos.**

Fuente: (Ramírez, R. (2012). <http://www.monografias.com/sistema-transporte-aire-comprimido>)

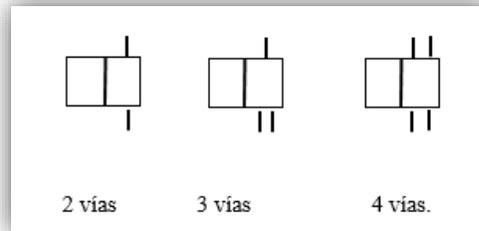
**Elementos de Regulación y Control:** Su función es controlar el paso del aire desde los compresores hasta los actuadores, a estos elementos se los conoce como válvulas y pueden ser comandados manualmente, circuito eléctrico, neumático, hidráulico o mecánico.

Es de gran importancia conocer y distinguir los tipos de válvulas que encontraremos en el mercado industrial, cada una con características específicas para ser usadas en un proceso determinado a continuación se describe las especificaciones de cada tipo de válvula:

- **Válvulas de control:** Interrumpen o permiten el paso del fluido en una determinada dirección o sentido.

- **Válvulas de regulación:** Regulan el caudal de fluido a pasar por el circuito.
- **Válvulas de dirección:** Se definen por las siguientes características:

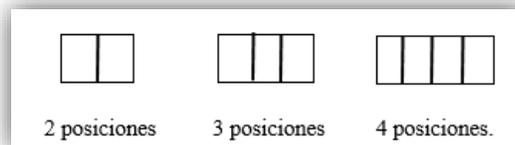
**El número de vías:** se refieren a la cantidad de orificios (vías) que tienen las válvulas para la distribución del paso de los fluidos, la simbología utilizada dentro un circuito neumático se muestra en la figura 21-1.



**Figura 19-1 Número de vías.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

**Número de posiciones:** Se refiere a los estados que puede adoptar la válvula, la figura 27-1 hace referencia a su simbología.



**Figura 20-1 Número de posiciones.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

**El número de accionamientos:** define los estados que posee una válvula.

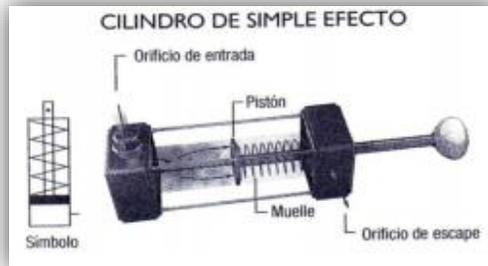
- **Monoestables:** una sola posición estable con retorno por muelle que le permite regresar al estado original.
- **Biestables:** dos posiciones con dos mandos.

**Actuadores:** Los actuadores más utilizados son los cilindros y los motores que convierten la presión del aire en trabajo útil, constituyendo el elemento final en cualquier circuito neumático.

**Cilindros:** son actuadores de tipo alternativo, pues el émbolo o pistón que poseen realiza un movimiento rectilíneo de vaivén al ser accionado por el fluido. Existen dos tipos:

- **Cilindros de simple efecto:** Su característica principal es tener una sola conexión de aire como se muestra en la figura 23-1, realizando el trabajo en un solo sentido, Cuando el aire

entra en la cámara del cilindro, empuja y desplaza al émbolo, que retorna a la posición inicial por efecto de un muelle. (Serrano.A. (2008). Thomson Editores Spain.P.55) ,



**Figura 21-1 Cilindro Simple Efecto.**

Fuente: (Serrano.A. (2008). Thomson Editores Spain.P.56)

- **Cilindros de doble efecto:** En figura 24-1 se observa las dos conexiones de aire que hacen que el émbolo sea empujado por el aire en los dos sentidos. Se emplean sobre todo cuando el émbolo tiene que realizar también una misión al retornar a su posición inicial. (Serrano. A. (2008). Thomson Editores Spain.P.57)



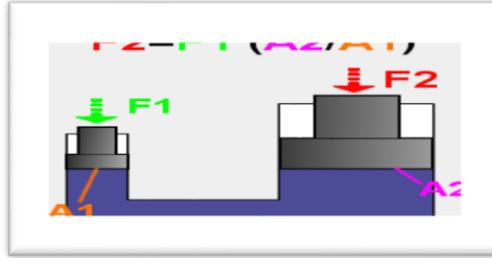
**Figura 22-1 Cilindro Doble Efecto.**

Fuente: (Serrano.A. (2008). Thomson Editores Spain.P.57)

### **1.4.3. Sistemas Hidráulicos**

Se puede utilizar agua, aceite, nitrógeno líquido, o aceite industrial que su principal característica es ser incompresible, dicha características permite la transmisión de fuerza o presión hacia los actuadores.

Estos circuitos aplican el principio de Pascal que dice que cuando se aplica una fuerza a un líquido contenido en un recipiente cerrado, la presión se transmite por igual a todos los puntos del líquido, independientemente de la forma del recipiente, para un mejor entendimiento de este principio dirigirse a la figura 25-1.



**Figura 23-1 Principio de Pascal.**

Fuente: (Manzano, J. (2006). <http://es.slideshare.net>)

Existen distintas ventajas por las cuales se usa los circuitos hidráulicos en la industria debiendo tomar en cuenta también las desventajas inherentes a este tipo de circuitos:

**Ventajas:**

- Regulación: Las fuerzas pueden regularse de manera continua.
- Sobrecargas: Se puede llegar con los elementos hidráulicos de trabajo hasta su total parada, sin riesgos de sobrecarga o tendencia al calentamiento.
- Flexibilidad: El aceite se adapta a las tuberías.
- Multiplicación de fuerzas: Visto en la prensa hidráulica.

**Desventajas:**

- **Velocidad:** Se obtienen velocidades bajas en los actuadores.
- **Limpeza:** En la manipulación de los aceites, aparatos y tuberías, debe tener un mantenimiento constante para evitar desgaste de los elementos.
- **Costo:** Las bombas, motores, válvulas proporcionales y servo válvulas son caras. (IEM-CHN. <http://iem-chn.blogspot.com>)

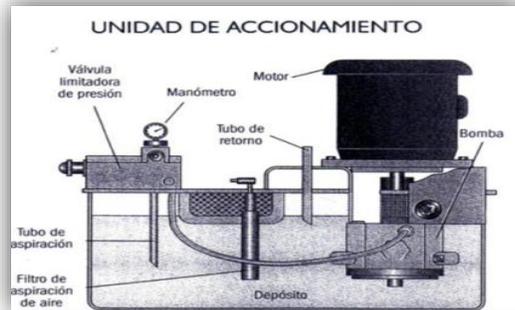
El líquido que recorre el circuito después de realizar su trabajo regresa al depósito, el fluido está completamente cerrado en todos los puntos del circuito para evitar fugas y pérdida de energía, se utilizan estos circuitos para trabajos que requieran gran fuerza.

*1.4.3.1. Elementos de Sistemas Hidráulicos*

**Unidad de accionamiento:** Es un conjunto de elementos formados por:

- Bomba.
- Depósito.
- Limitador de presión
- Filtros

Todo este conjunto de elementos tiene una función principal que es separar las impurezas que contengan, y pueden ser visualizados claramente en la figura 26-1.



**Figura 24-1 Unidad de Accionamiento.**

Fuente: (Delnero, J. S. 2013. <http://www.ing.unlp.edu.ar>)

**Depósito:** Tiene un papel fundamental ya que mantiene el fluido a una temperatura y presión es decir acondicionarlo antes de que entre a la bomba, el fluido regresa al depósito desde los actuadores y cumple con su función nuevamente, la figura 27-1 hace referencia a la simbología asignada para este elemento.



**Figura 25-1 Depósito.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

**Bomba Hidráulica:** Es uno de los elementos más importantes en todo circuito su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica (presión o caudal). Existen diferentes tipos de bombas que como indica la figura 28-1.



**Figura 26-1 Clasificación de las bombas hidráulicas.**

Fuente: (Bilbao, E. S. (2013). <http://html.rincondelvago.com/bombas-y-sus-aplicaciones.html>)

**Válvulas Hidráulicas:** Se encargan de controlar o regular cantidad, presión y dirección del aceite. En la figura 29-1 hace alusión a las clases de válvulas y su aspecto físico.

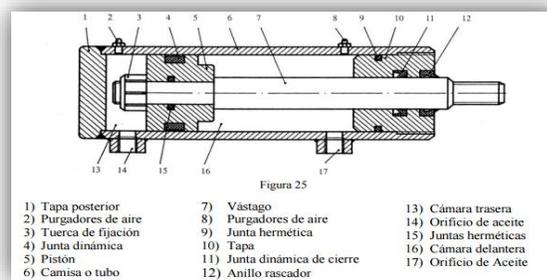


**Figura 27-1 Clases de válvulas hidráulicas.**

Fuente: (Bilbao, E. S. (2013). Obtenido de <http://www.ehu.eus>.P27)

- **Válvula limitadora de presión (VLP):** Controla el incremento de presión en el circuito evitando que sobrepase el valor definido. Son elementos protección contra presiones elevadas.
- **Válvula reguladora de presión (VRP):** Con este elemento podemos controlar la presión de entrada para manejar una presión de salida graduable.

**Cilindros Hidráulicos:** Trabajan a presiones muy elevadas, unas veinte veces superiores a los circuitos neumáticos, pueden realizar mayores fuerzas empleando actuadores más pequeños que los neumáticos. (Delnero, J. S. 2013. <http://www.ing.unlp.edu.ar>.P.14). Los cilindros están compuestos por diferentes tal como muestra en la figura 30-1.



**Figura 28-1 Cilindro Hidráulico.**

Fuente: (M.Podemeda, J. (2011). <http://roble.pntic.mec.es>.P.66)

La tabla 1.1 compara los circuitos neumáticos e hidráulicos según varios parámetros que evidencian las ventajas y desventajas relacionadas a dichos circuitos.

**Tabla 1-1:** Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico

	<b>Neumática</b>	<b>Hidráulica</b>
<b>Efecto de las fugas</b>	Solo pérdida de energía	Contaminación
<b>Influencia del ambiente</b>	A prueba de explosión Insensible a la temperatura	Inflamable Sensibles a cambios de temperatura
<b>Almacenaje de energía</b>	Fácil	Limitada
<b>Coste de la alimentación</b>	Muy alto	Alto
<b>Movimiento lineal</b>	Fuerzas limitadas Velocidad muy alta	Buen control de velocidad Fuerzas muy grandes
<b>Movimiento giratorio</b>	Simple ineficiente, alta velocidad	Simple, par alto, baja velocidad

Fuente: RUOFF H.1991 P.70.

## **1.5. Sistema Mecánico**

Los sistemas mecánicos analizan fenómenos inherentes a:

- Velocidad.
- Trayectorias.
- Fuerzas.
- Energías.
- Agitación.

Todo esto con el objetivo de aplicar la teoría para un diseño estructural adecuado y correcto dimensionamiento de las partes que conforman este sistema.

### **1.5.1 Parámetros de Diseño**

Agitar es una operación compleja por la intervención de fenómenos como:

- Hidrodinámicos (regímenes de derrame)
- Térmicos (transferencias)
- Químicos(reacciones)
- Mecánico (corte).

Con el objetivo de garantizar un sistema de mezcla eficiente a un costo razonable, se debe toma en cuenta:

- Estabilidad en la mezcla.
- Tiempo y energía mínimos.
- Limitaciones físicas. (Agitación y mezcla conceptos teóricos básicos. (2013). <http://www.esp.vmi-mixer.com>)

#### *1.5.1.1. Parámetros de Agitación*

La finalidad no es únicamente mezclar varios ingredientes, también hay que darle textura al producto final, habiendo que analizar el comportamiento de los fluidos alimentarios en sus dos tipos:

**Fluidos Newtonianos:** Son aquellos cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo y la viscosidad es independiente de la agitación, pero dependiente de la temperatura y su composición como, por ejemplo:

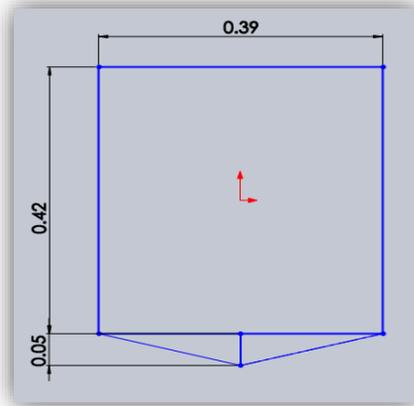
- A. **Fluidos reofludizantes:** La viscosidad disminuye cuando la velocidad aumenta ejemplo: zumos de frutas.
- B. **Fluidos con umbral:** la materia no se derrama sino hasta que el límite llega al umbral máximo ejemplo: pinturas, mayonesa, barniz.
- C. **Fluidos tixotrópicos:** la viscosidad disminuye cuando hay un límite de tiempo como la pintura y el yogurt.

**Fluidos No newtonianos:** Son fluidos cuya viscosidad varía con el tiempo y la tensión cortante aplicada, entre ellos tenemos los siguientes:

- A. **Pseudoplásticos:** su consistencia disminuye a medida que aumenta la velocidad de agitación, por ejemplo: salsas cátsup.
- B. **Diletantes:** su consistencia aumenta al elevar la velocidad de agitación, por ejemplo, chocolate, harina de maíz.
- C. **Tixotrópicos:** su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de agitación ejemplo: mieles.
- D. **Viscoelástico:** son aquellos que poseen propiedades viscosas y elásticas, ejemplo la masa de panadería. (Colina, L. (2013). <http://sgpwe.izt.uam.mx.P4>).

### 1.5.1.2. Contenedores Primarios

Los contenedores primarios que trabajan con líquidos en su interior, están constituidos en su forma física por una carcasa cilíndrica y un fondo cónico como se observa en la figura 31-1.



**Figura 29-1 Contenedor Primario.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

Se utilizan conceptos básicos pero muy importantes para la construcción del recipiente primario, el volumen total está determinado por la suma del volumen del cilindro y el volumen del fondo cónico, las fórmulas utilizadas son:

$$V_{cil} = \pi * r^2 * H \quad (\text{Ec.1})$$

$$V_f = \frac{1}{2} * \pi * r^2 * H_2 \quad (\text{Ec.2})$$

$$V_{tot.} = V_{cil} + V_f \quad (\text{Ec.3})$$

### 1.5.1.3. Contenedor Principal

Para este contenedor se tomó de igual forma los conceptos anteriormente descritos en el contenedor primario, pero por seguridad hay que tomar en cuenta un 10% de la capacidad deseada y sumarla para tener una capacidad máxima con un rango moderado y recomendado para evitar el desborde de líquido mientras el agitador este en marcha y por ende esto también influye en el momento de calcular las dimensiones.

Capacidad deseada =60 litros.

Capacidad recomendada =66 litros.

### 1.5.2. *Sistema de Agitación*

Está constituido por el contenedor principal (cerrado o no cerrado), y un agitador mecánico accionado por un motor eléctrico.

Hay que tomar en consideración las siguientes características para un equipo de agitación:

- Las proporciones del tanque varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza del problema de agitación.
- El fondo del tanque debe ser redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes del fluido.
- La altura del líquido, es aproximadamente igual al diámetro del tanque.
- El eje está accionado por un motor, conectado a veces, directamente al mismo, pero con mayor frecuencia, a través de una caja de engranajes reductores. (Brunelli, J. L. (2010). Obtenido de <http://es.slideshare.net>.P.8).

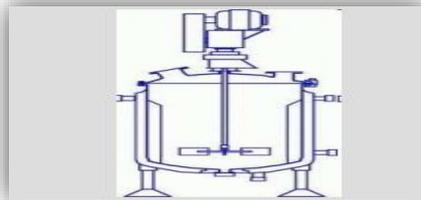
### 1.5.3. *Tipos de Agitadores*

El agitador obliga al fluido que adquiera un tipo de flujo en el interior del recipiente, los más utilizados son:

- Agitadores de Paletas.
- Agitadores de Hélice.
- Agitadores de Turbina.

#### **Agitador de paletas.**

Es la forma más sencilla de agitar un fluido, consiste en una hoja plana sujeta a un eje rotatorio como se aprecia en la figura 32-1, normalmente gira a velocidades entre 20 y 150 rpm.



**Figura 30-1 Agitador de paletas.**

Fuente: (Colina, L. (2013). <http://sgpwe.izt.uam.mx>.P8)

### **Agitadores de Hélice.**

Están hechos con elementos impulsores de hojas cortas girando a gran velocidad entre 1150-1750 rpm como en la figura 33-1 muestra, debido a la resistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño.



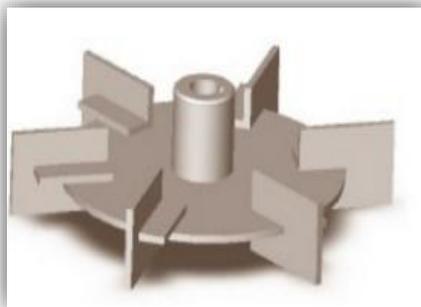
**Figura 31-1 Agitador de Hélice.**

Fuente: (Control, D. F. (s.f.). Obtenido de <http://industria.com.P3>)

Este tipo de agitador impulsa el líquido hacia el fondo del tanque desde donde la corriente se extiende subiendo por las paredes y retornando hacia la hélice.

### **Agitador de Turbina.**

Están compuestos por un componente impulsor con más de cuatro hojas montadas sobre un rodete y fijas a un eje rotatorio, su constitución física está definida en la figura 34-1. Giran a velocidades elevadas de 30 a 500 rpm. Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades, en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. (Agitación en la Industria. (2010). Obtenido de <http://descom.jmc.utfsm.cl>)



**Figura 32-1 Agitador de Turbina.**

Fuente: (Brunelli, J. L. (2010). <http://es.slideshare.net.P.15>)

## Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de agitador

Para la elección de un tipo de agitador hay que tomar en cuenta factores muy importantes, analizando detalladamente sus ventajas y desventajas que ofrece cada uno de los agitadores como se aprecia en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Ventajas y desventajas de agitadores.

Tipo de Agitador	Ventajas	Desventajas
Paletas	Barato Buen flujo radial y rotacional	Escaso flujo perpendicular. Elevada formación de vórtices a velocidades elevadas.
Hélice	Buen flujo en las 3 direcciones	Mediano costo.
Turbina	Muy buena mezcladora	Elevado costo

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 1.6. Sistemas Electrónicos

#### 1.6.1. Introducción.

El estudio de electrónica se basa en elementos fabricados con materiales semiconductores, estos elementos ayudan a controlar de manera autónoma procesos, máquinas, etapas, etc. En los sistemas electrónicos tendremos diferentes tipos de dispositivos descritas en la figura 35-1:



**Figura 33- Clasificación de los Dispositivos Electrónicos.**

Fuente: Sistemas Electronicos. 2012. <http://iesodrapisuerga.centros.educa.jcyl.es>

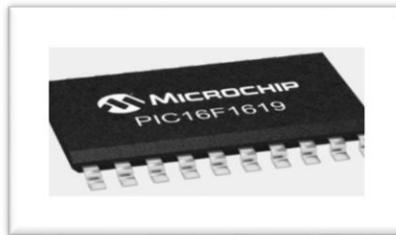
**Dispositivos de entrada:** generan una señal eléctrica a partir de otra señal física como por ejemplo: humedad, temperatura, presión, movimiento, magnéticos, etc., a estos dispositivos se los conoce como sensores, pero también cumplen esta función los pulsadores, interruptores, dentro del mercado industrial existen distintos tipos de estos elementos como ilustra la figura 36-1.



**Figura 34-1 Pulsadores.**

Fuente: (Documentación: Direct Industry.2016. <http://www.directindustry.es>)

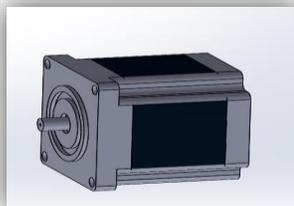
- **Dispositivos de proceso:** reciben la señal de los dispositivos de entrada y las procesan para decidir acciones dentro de un proceso La figura 37-1 es un ejemplo de estos dispositivos (microcontrolador), en el campo industrial el dispositivo de proceso más utilizado por sus características es el PLC.



**Figura 35-1 Microcontrolador.**

Fuente: (Repositorio: Microchip.2016. <http://www.microchip.com>)

- **Dispositivos de salida:** Son los elementos que ejecutan la orden de los dispositivos de proceso, la figura 38-1 es un ejemplo de dispositivos como también lo son los actuadores, válvulas, etc.



**Figura 36-1 Motor.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### 1.6.2. *Sensores*

Es un dispositivo que detecta variables de instrumentación que no son más que las magnitudes físicas o químicas que se desea controlar como:

- Intensidad lumínica
- Desplazamiento
- Humedad
- Fuerza
- Presión
- Movimiento
- Aceleración
- Distancia

Y las convierten en una variable eléctrica:

- Resistencia eléctrica.
- Capacidad eléctrica.
- Tensión eléctrica.
- Corriente eléctrica.

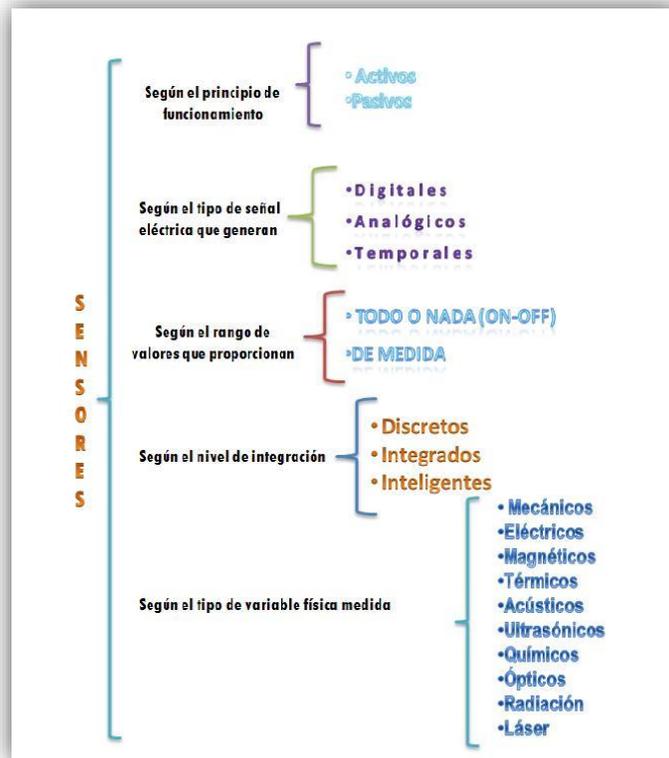
Es necesario conocer las características generales más relevantes y que son frecuentes en los sensores:

- **La precisión del sensor:** es la capacidad de medir el mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.
- **El tiempo de respuesta del sensor:** Es el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo medida.
- **El coeficiente de temperatura del sensor:** el cual viene dado por el cambio que se produce en la respuesta del sensor debido al cambio en la temperatura a la cual se encuentra.
- **La histéresis: de un sensor:** Se define como la dependencia de la salida del sensor de la respuesta anterior.
- **Error:** diferencia entre el valor medido y el valor verdadero
  - A. Error absoluto = resultado – valor verdadero
  - B. Error relativo = error absoluto / valor verdadero
- **Sensibilidad:** Mínimo valor de entrada que genera un cambio a la salida
- **Precisión:** Es el grado de incertidumbre de las medidas. (Sensores. 2009.<http://www.unet.edu.ve>.P.109)

Estas especificaciones suelen estar en la ficha técnicas de cada sensor, y pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales al que estén expuestos.

## Clasificación de los sensores

Debido a la gran variedad de sensores es difícil su clasificación de una forma única a continuación la figura 39-1 presenta una clasificación general basado en los sensores frecuentemente utilizados:



**Figura 37-1 Clasificación de los Sensores.**

Fuente: (Olivia Emilio. 2010. <http://thelastlabproject.blogspot.com>)

Según su variable medida:

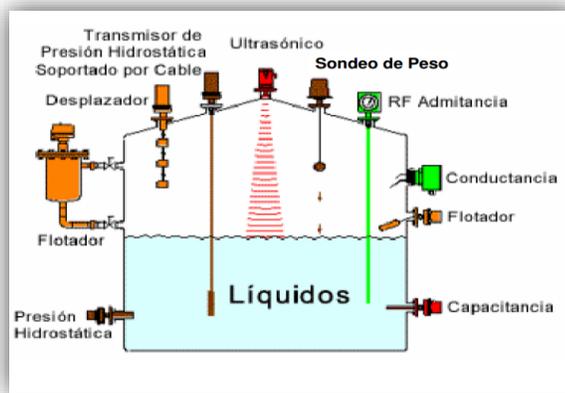
- **Sensores mecánicos:** para medir magnitudes de posición, forma, velocidad, fuerza, torque, presión, vibración, deformación y masa.
- **Sensores eléctricos:** para medir voltaje, corriente, carga y conductividad.
- **Sensores magnéticos:** para medir campo, flujo y permeabilidad magnética.
- **Sensores térmicos:** para medir temperatura, flujo, conductividad y calor específico.

- **Sensores de Temperatura:** Son empleados para obtener una medición exacta de la temperatura. Estos emiten una señal de realimentación eléctrica o mecánica, que da paso al control automatizado de procesos térmicos en un lazo cerrado.
- **Sensores de Presión:** Son los sensores de bajo costo, funcionan bajo la tecnología piezoresistiva, utilizados para aplicar presión de manera repetitiva sobre un objeto.

Otros tipos de sensores como acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, láser y de fibra óptica. (Olivia Emilio. 2010. <http://thelastlabproject.blogspot.com>)

### ➤ **Sensores de nivel de líquidos**

Existen una variedad de sensores como señala la figura 40-1 que permiten medir el líquido dentro de un tanque, dependiendo de la aérea en que se trabaje los líquidos será de gran importancia escoger el sensor adecuado.



**Figura 38-1 Formas de Medir el Nivel de Líquido.**

Fuente:( Medición de Nivel. (2011). Obtenido de <http://materias.fi.uba.ar>.)

En los apartados A, B, C nombran las formas de medir un líquido, en cada uno de ellos las distintas opciones que se puede optar según la aplicación en que se vaya a emplear:

#### **A. Medición directa**

- Medidor de sonda
- Medidor de cinta y plomada
- Medidor de nivel de cristal
- Medidor de flotante

#### **B. Medición de presión hidrostática**

- Medidor manométrico
- Medidor de membrana
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor por desplazamiento

### C. Medición de características eléctricas del líquido

- Medidor conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico

#### ➤ *Sensores Ultrasónicos*

Empleados en procesos delicados donde el líquido no puede estar en contacto con ningún objeto para su medición de nivel, En la figura 41-1 muestra como el sensor emite ondas sonoras a frecuencias cercanas a los 20Khz éstas ondas viajan por el aire tocan el líquido siendo reflejadas para su procesamiento, utiliza el principio del eco como se visualiza en la figura 42-1.

Los sensores tienen un campo de acción cónica midiendo el tiempo que se demora en la señal reflejada mediante a este modelo matemático:

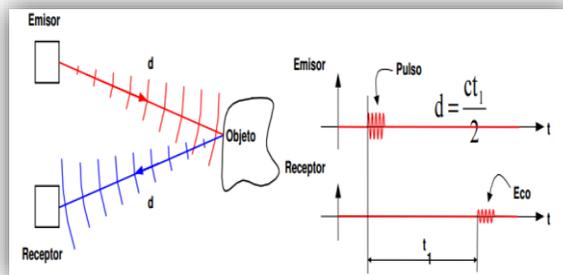
$$d = \frac{1}{2} V * t \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$d$  = Distancia.

$V$  = velocidad del sonido en el aire.

$t$  = tiempo transcurrido de la reflexión.



**Figura 39-1 Medición del Tiempo.**

Fuente: (Pérez, D. 2006. <http://www.alcabot.com.P.3>)

Al trabajar con los sensores ultrasónicos hay que revisar las ventajas y desventajas entre ellas tenemos:

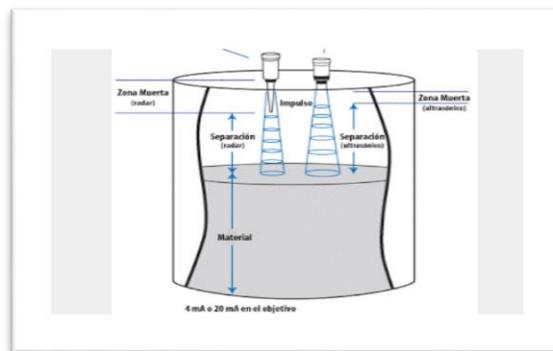
#### **Ventajas:**

- Adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos.
- Muy exactos.

- Más eficientes que los medidores convencionales.
- No poseen partes móviles.
- No requieren mantenimiento.

**Desventajas:**

- Costosos.
- La medición es afectada por las propiedades del medio como porosidad de la superficie, espesor del material y rigidez.
- Sensibles a la densidad.
- Dan señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como en el caso de un líquido que forme espuma.
- La velocidad del sonido cambia con la temperatura al aumentar la temperatura, la velocidad del sonido en el aire aumenta mientras que en el agua disminuye. (Pérez, D. 2006. <http://www.alcabot.com>.P.6)



**Figura 40-1 Sensor Ultrasónicos.**

Fuente:( Automatismos Industriales-Sensores. 2012. <http://unnomadaeneldesierto.blogspot.com>)

➤ **Sensores de Temperatura.**

La temperatura es una medida del promedio de energía cinética de las partículas en una unidad de masa, expresada en unidades de grados en una escala estándar. (Documentación: National Instruments. (2012). <http://www.ni.com>).

Para seleccionar el sensor que se ajuste mejor a nuestras aplicaciones debemos tomar en cuenta los siguientes factores:

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ Temperatura Máxima.               | ➤ Costo.                          |
| ➤ Exactitud Velocidad de respuesta. | ➤ Requerimiento de mantenimiento. |

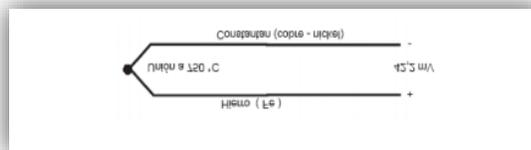
Para medir temperatura existen distintos dispositivos los más usados se detallan en la tabla 3-1:

**Tabla 3-1:** Dispositivos de medición de temperatura

Eléctricos	Mecánicos	Radiación Térmica	Varios
Termocupla	Sistema de Dilatación	Pirómetros de radiación.	Indicadores de color: lápices, pintura
Temor resistencia	Termómetros de Hg	Óptico	Sondas neumáticas
Termistores	Termómetros bimetálicos.	Pasabanda	Sensores ultrasónicos
Diodos		Relación	Indicadores pirometricos
Sensores de silicio con efecto resistivo			Indicadores de luminiscencia

Fuente:(Campos, D. M. 2008. <http://server-die.alc.up.es>)

**Termocupla:** Una Termocupla es uno de los dispositivos más utilizados en el campo industrial, por su amplio rango de temperatura, su robustez, y su moderado costo. Está compuesto por dos conductores de distinto material con una unión en un extremo como indica la figura 43-1, al aplicar temperatura en la unión se produce una f.e.m. (fuerza electromotriz).



**Figura 41-1 Termopar.**

Fuente: (Murillo, A. 2010. <http://www.marcombo.com.P-33>.)

La figura 44-1 muestra los distintos tipos de termocuplas y su clasificación en base al material que están construidos, su desviación y tolerancia.

Termopar Tipo	Aleación	Rango	IEC 584	ANSI 43710
<b>K</b>	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100°C		
<b>J</b>	Hierro Cobre-Niquel	-40 a 700°C		
<b>T</b>	Cobre Cobre-Niquel	-200 a 350°C		
<b>E</b>	Niquel-Cromo Cobre-Niquel	-150 a 800°C		
<b>N</b>	Niquel-Cromo Niquel-Silicio	-150 a 1100°C		
<b>S</b>	Platino Platino-Rodio10%	0 a 1550°C		
<b>R</b>	Platino Platino-Rodio13%	0 a 1600°C		
<b>B</b>	Platino-Rodio6% Platino-Rodio30%	0 a 1700°C		

**Figura 42-1 Tipos de Termocuplas.**

Fuente: (Sanhueza, A. (2009). <http://sensoresdetemperatura.blogspot.com>)

**Termistores:** Están contruidos de materiales semiconductores como el níquel, cobalto, cobre, titanio, manganeso que utilizan la propiedad de variación de resistencia proporcional a variaciones de temperatura, su constitución física se puede ver en la figura 45-1.

Existen dos tipos de termistores

- PTC: Termistores Positivos
- NTC: Termistores Negativos



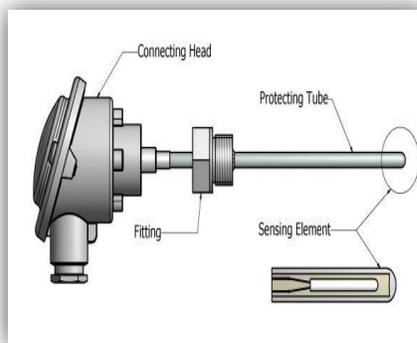
**Figura 43-1 Termistor.**

Fuente: (Vignoni, R. 2003. <http://www.ing.unlp.edu.ar.P-29>)

### **Detector de Temperatura Resistivo (RTD)**

Son un tipo de sensores cuyo modelo físico está estrechamente relacionado a la variación de la resistencia de un conductor en función de la temperatura (resistividad de los metales). Pueden ser de dos tipos, las partes constitutivas se observan en la figura 46-1:

- Bobinado: que permite la contracción y dilatación del material sensible
- Laminado: que tiene menor masa térmica, es más barato, aunque con menor estabilidad.



**Figura 44-1 RTD.**

Fuente: (Documentacion:Correge. (s.f.). Obtenido de <http://www.correge.fr>)

Las ventajas y desventajas más importantes de este sensor de temperatura son:

**Ventajas:**

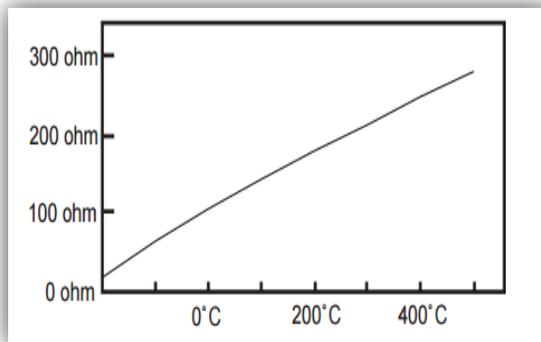
- Salida de gran amplitud.
- Rango amplio de medidas de temperatura.
- Excelente linealidad.
- Alta exactitud, estabilidad.
- Sensibilidad 10 veces mayor a la de un termopar.
- La interconexión entre termo resistencias se realiza con cable común de cobre.

**Desventajas:**

- Velocidad de reacción baja, comparada con un termopar o termistor.
- Afectados por el auto-calentamiento.
- Inestables ante vibraciones o choques mecánicos

**PT100**

El Pt 100 es un dispositivo Termo Resistivo (RTD), constituido con un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm, la figura 47-1 determina que el incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente, es por eso que se utiliza tablas para encontrar la temperatura ala que corresponde.



**Figura 45-1 PT100 Linealidad.**

Fuente: (Documentación: ARIAN. (2004). Obtenido de <http://www.arian.cl>)

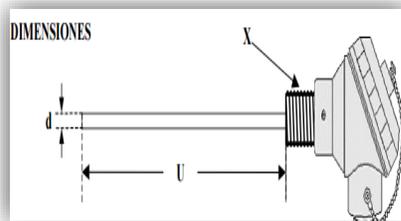
La tabla 4-1 cita las características de manera general de los Pt100:

**Tabla 4-1:** Características Técnicas del PT100.

Tipo de sensor	Resistencia de Platino 0 °C tiene 100 Ω
Rango	0-400°C
Material del cuerpo	Incomel 600
Exactitud	0.5°C

Fuente: (Documentación: ARIAN. (2004). Obtenido de <http://www.arian.cl>)

Normalmente las Pt100 industriales se encuentran dentro de un tubo de acero inoxidable.



**Figura 46-1** Partes del PT100.

Fuente: (Sensor de Temperatura por Resistencia. 2010. <http://www.ingecoza.com>)

A partir de la figura 48-1 determina que:

U=largo del bulbo

d=largo del bulbo

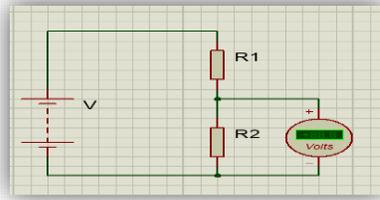
M=material de la vaina

### Acondicionamiento de Señal

Existen diferentes formas de acondicionar una señal proveniente de un sensor resistivo entre los que tenemos:

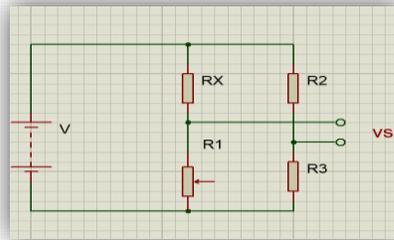
- **Divisor de tensión:** Se emplea en cuando se necesita disminuir la tensión de la variable a medir. Utilizando especialmente en termistores, LDR, etc, el circuito es de fácil implementación como se observa en la figura 49-1, la Ec.5 es el modelo matemático para determinar el voltaje de salida en base al arreglo de resistencias y a la tensión de entrada.

$$V_0 = \frac{V}{R_2 + R_1} * R_2 \quad (\text{Ec.5})$$



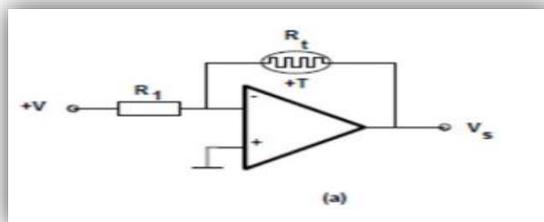
**Figura 47-1 Divisor de Voltaje.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Puente de medida Instrumentación Industrial:** Está constituido por dos divisores de tensión en paralelo son empleados especialmente en galgas extensiométricas y RTD, la figura 50-1 muestra el arreglo de resistencias tipo puente.

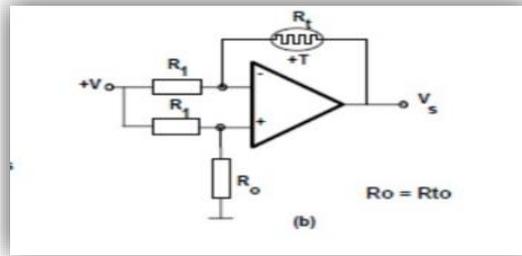


**Figura 48-1 Puente de Wheanstone.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Circuitos Amplificadores:** Son circuitos que amplifican la señal proporcionada por un circuito adaptador o por un elemento sensor generador. En función de las características de las señales que se deben amplificar se pueden utilizar amplificadores operacionales de aplicación general, amplificadores operacionales de características mejoradas o amplificadores especiales. Las figuras 51-1,52-1 ilustran de manera la amplificación de una señal de un sensor de temperatura RTD con dos diferentes circuitos.



**Figura 49-1 RTD con Amplificador Inversor.**  
Fuente:( Salazar, C. A. 2014. <http://es.slideshare.net>)



**Figura 50-1 RTD con Amplificador Diferencial.**

Fuente: (Salazar, C. A. 2014. <http://es.slideshare.net>)

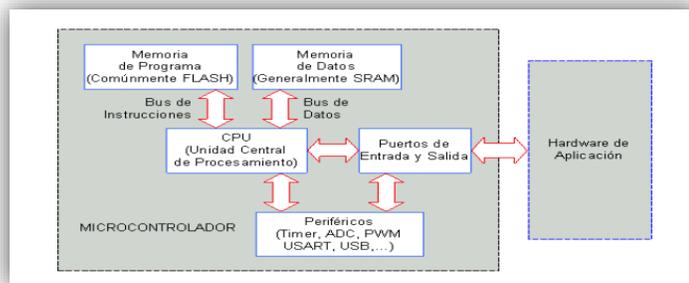
### 1.6.3. Microcontroladores

El término microcontrolador está formado por dos palabras “Micro” - “Controlador” las cuales tienen por significado “pequeño (en tamaño)” y “manipular o controlar (función principal).

La organización interna de un microcontrolador está compuesta por tres principales unidades funcionales de una computadora, las cuales son:

- **Unidad central de procesamiento:** Se encarga de ejecutar las instrucciones guardadas en la memoria.
- **Memoria:** Diferentes componentes del microcontrolador que se emplean para almacenar información durante un periodo determinado de tiempo.
- **Periféricos de entrada y salida:** Son los sistemas que emplea el microcontrolador para comunicarse con el exterior. (Sánchez, S. 2014. <https://microcontroladoresv.wordpress.com>)

La figura 53-1 se esquematiza la organización interna de un microcontrolador.



**Figura 51-1 Organización Interna del Microcontrolador.**

Fuente: (Microcontroladores. 2012. <http://www.exa.unicen.edu.ar>.P-14)

En el mundo de los microcontroladores hay un sin fin de aplicaciones, usándolos fundamentalmente cuando la potencia de cálculo no es importante como:

- **Robótica:** Muy usados en subsistemas específicos de control (extremidades, facciones del rostro, soportes prensiles, etc.)
- **Equipamiento informático:** impresoras, scanner, copadoras.
- **Sector automotriz:** control centralizado de puertas y ventanas, climatizadores, inyección, alarmas, etc.
- **Sector doméstico:** Integrado en los sistemas de televisores, lavarropas, microondas, heladeras, videos, etc.

## **Arduino**

Arduino es una plataforma de electrónica basada en microcontroladores Atmega, abierta para la creación de prototipos tanto en software y hardware flexible y fácil de usar.

Existen algunas características que hacen que el Arduino sea una plataforma más utilizada en la actualidad.

- Arduino simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores.
- Bajos costos.
- Multi-Plataforma (Windows, Macintosh OSX y Linux)
- Hardware versátil. (Fuente: Arduino.2016. <https://www.arduino.cc>)

Entre las aplicaciones más importantes tenemos:

- Control y monitoreo de sensores.
- Transmisores/receptores
- Educación.
- Biomedicina.
- Robótica.

## **Especificación de Arduino**

Los microcontroladores de la plataforma Arduino tienen una estructura de alto nivel de hardware definido, diferenciándose por sus características como:

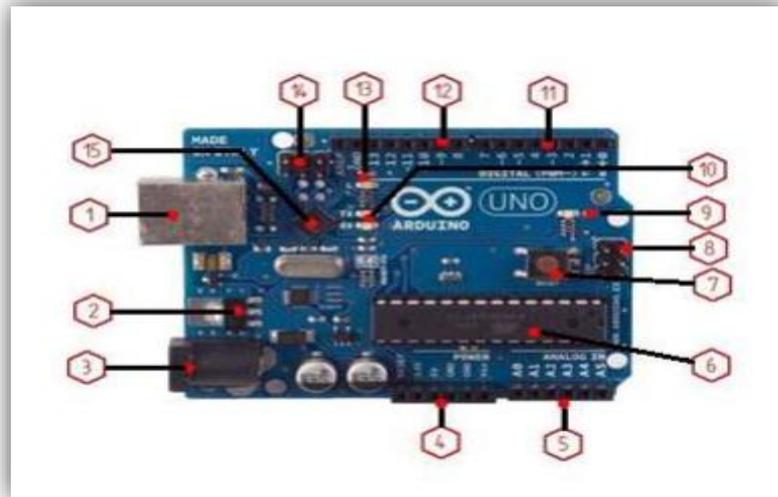
- Numero de entrada y salidas
- Numero pines con PWM
- Frecuencia del oscilador

**Entradas analógicas:** Se caracterizan por leer valores de tensión de 0 a 5 Voltios con una resolución de 1024 (10 bits). Si dividimos 5 entre 1024 tenemos que es capaz de detectar variaciones en el nivel de la señal de entrada de casi 5 mV.

**Entradas digitales:** Se diferencian de las analógicas porque éstas son capaces de “entender” sólo dos niveles de señal, LOW o valores cercanos a 0 V y HIGH o valores cercanos a 5 V.

La figura 54-1 indica las partes habituales de un Arduino:

1. Conectar Usb
2. Regulador de voltaje de 5v.
3. Plug conexión de de alimentación externa
4. Puerto de conexiones(VIN,GND,5V,3V,GND)
5. Puertos de entradas analógicas.
6. Microcontrolador atmega
7. Botón Reset.
8. Programación mediante ICSP
9. Led On
10. Leds de transmisión y recepción
11. Pines de entradas y salidas digitales
12. PWM
13. Led pin 13



**Figura 52-1 Partes de un Arduino.**

Fuente: (Repositorio: Arduino.2016. <http://www.atmel.com/>)

La tabla 5-1 indica el microcontrolador utilizado para cada tipo de arduino, esto da características específicas como número de entradas y salidas, tamaño, costo, pines destinados a pwm, etc.

**Tabla 5-1:** Atmega /Arduino

<b>Modelo de placa Arduino</b>	<b>Modelos Microcontroladores <math>\mu</math>C</b>
Due	At9SAM3X8E
Leonardo	Atmega 32U4
Uno	Atmega328
Nano	ATmega168
Pro 5v/16MHz	Atmega328
Mega 2560 R3	Atmega 2560
Mega	Atmega1280
Pro Micro 5v/16MHz	Atmega32U4

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

➤ *Arduino Mega*

El Arduino Mega es una placa electrónica basada en el ATmega1280, la tabla 6-1 describe las características de este tipo de arduino:

**Tabla 6-1:** Arduino Mega

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega1280</b>
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
E / S digitales	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	Dieciséis
Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Memoria flash	128 KB de los cuales 4 KB utilizado por el arranque
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: (Repositorio: Arduino.2016. <https://www.arduino.cc>)

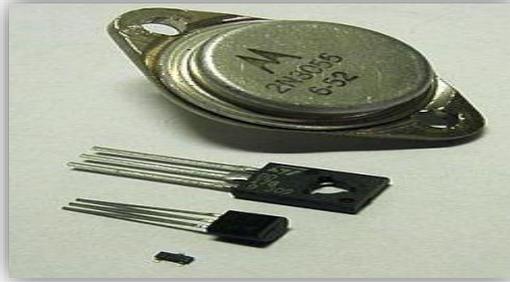
**1.6.4. Semiconductores**

Es un elemento que se comporta como un conductor o como un aislante dependiendo de diversos factores, como por ejemplo el campo eléctrico o magnético, presión, radiación o la temperatura del ambiente en el que se encuentre, su aspecto físico se puede observar en la figura 55-1.

### 1.6.4.1. Transistores

La palabra transistor proviene de la contracción en inglés transfer resistor (Resistencia de transferencia), están presentes en casi todo dispositivo eléctrico y electrónico. Funcionan en base a materiales semiconductores y sus funciones dentro de un circuito son:

- Amplificador
- Oscilador.
- Interruptor.
- Rectificador.



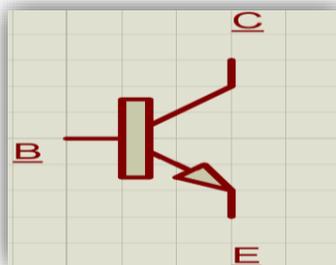
**Figura 53-1 Transistor.**

Fuente: (Rosi, S. (2011). <http://www.batanga.com>)

### Transistor bipolar o BJT.

Transistor bipolar consta de tres cristales semiconductores (usualmente de silicio) unidos entre sí. Según como se coloquen los cristales hay dos tipos básicos de transistores bipolares como se ve en las figuras 56-1 y 57-1:

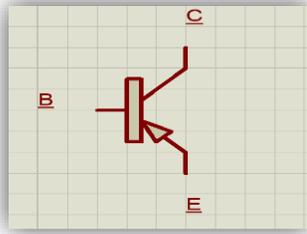
- **Transistor NPN:** en este caso un cristal P está situado entre dos cristales N. Son los más comunes.



**Figura 54-1 Transistor NPN.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Transistor PNP:** Un cristal N está situado entre dos cristales P. La capa de en medio es mucho más estrecha que las demás.



**Figura 55-1 Transistor PNP.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Emisor (E):** Se encarga de proporcionar portadores de carga.
- **Colector (C):** Se encarga de recoger portadores de carga.
- **Base (B):** Controla el paso de corriente a través del transistor. Es el cristal de en medio.

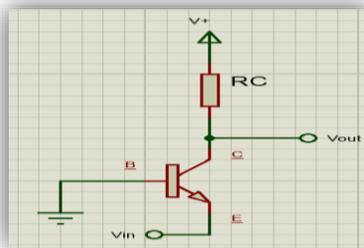
### Transistor como amplificador de corriente

La necesidad de amplificar las señales es una constante en la mayoría de los sistemas electrónicos. En este proceso, los transistores desarrollan un papel fundamental, pues bajo ciertas condiciones, deben entregar una potencia de señal mayor de la que absorben.

Dependiendo del terminal que se tome como común, se tendrá una configuración específica del transistor para su uso como amplificador.

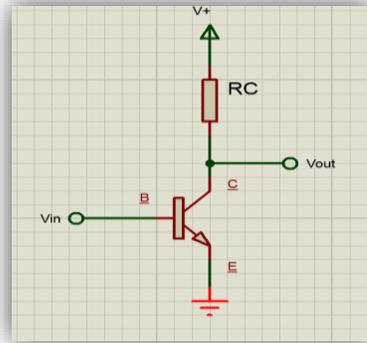
Estas configuraciones son:

- **Configuración Base Común:** la figura 58-1 muestra como la señal es aplicada al emisor del transistor y la señal amplificada sale por el colector.



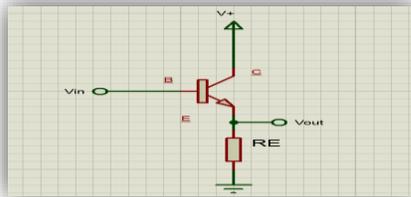
**Figura 56-1 C. Base-Común.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Configuración Emisor Común:** la señal se aplica a la base del transistor y la señal amplificada sale por el colector, como en la figura 59-1 indica.



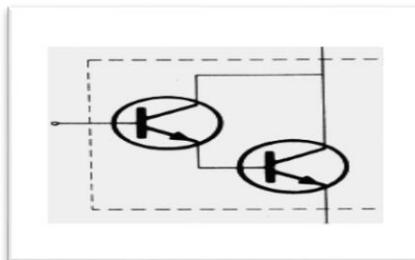
**Figura 57-1 C. Emisor-Común.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- **Configuración Colector Común:** la señal se aplica a la base del transistor y la señal amplificada sale por el emisor, como señala la figura 60-1.



**Figura 58-1 C. Colector-Común.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

**El transistor Darlington:** Está compuesto por dos transistores bipolares conectados en cascada, tal como ilustra la figura 61-1 su característica principal es la alta ganancia de corriente.



**Figura 59-1 Transistores Darlington.**  
Fuente: (Niño, J. 2011. <http://www.angelfire.com>)

El emisor de transistor 1 está conectado a base del transistor 2, esto hace que la ganancia de la corriente sea amplificada, permitiendo que esta configuración sea muy útil por ejemplo para alimentar una carga como un motor de corriente continua.

**Tabla 7-1:** Tabla de Característica de las configuraciones

<b>Configuración</b>	<b>Emisor -Común</b>	<b>Colector-Común</b>	<b>Base -Común</b>
Impedancia de entrada	Media	Alta	Baja
Impedancia de salida	Media	Baja	Alta
Ganancia de tensión	Media	Unidad	Alta
Ganancia de corriente	Media	Alta	Unidad

Fuente: (Niño, J. 2011. <http://www.angelfire.com>)

#### 1.6.4.2. Tiristores

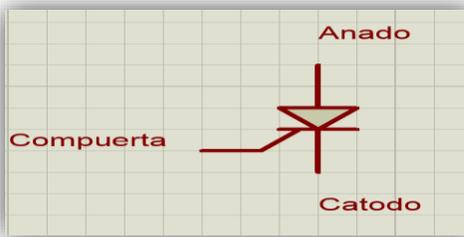
Se llama tiristores a los componentes semiconductores con dos estados:

- No conducción (abierto).
- Conducción (cerrado).

Están compuestos de varias capas alteradas de silicio dopado con impurezas P y N, el disparo de un tiristor se lo hace enviando intensidad a esas uniones mediante una realimentación regenerativa, es decir mantiene su estado de conmutación, aunque la señal de disparo sea retirada, la figura 62-1 representa la simbología de un tiristor.

Formas de activar un Tiristor:

- Luz
- Corriente de Compuerta
- Térmica
- Alto Voltaje
- Elevación del voltaje ánodo-cátodo



**Figura 60-1 Símbolo del Tiristor.**  
 Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### Tipos de Tiristores

Los dispositivos más conocidos de la familia de los tiristores para aplicaciones de potencia son:

#### **SRC (Silicon Controlled Rectifiers)**

Funcionan con la frecuencia de línea y se apagan por conmutación natural, la simbología y aspecto físico se especifican en la figura 63-1.

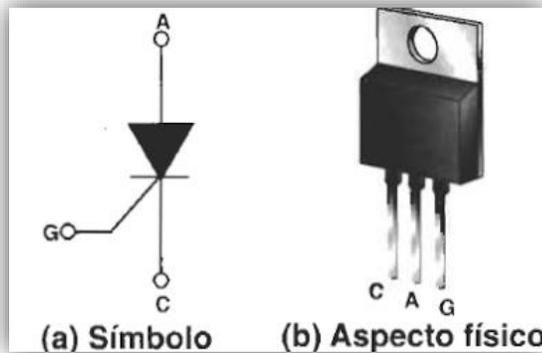
- **Características de control:** Activación con una señal de pulso apagado con conmutación natural.
- **Características de funcionamiento:**
  - Frecuencia: 60Hz
  - Voltaje y corriente de funcionamiento: 1.5Kv-0.1MVa, 1Ka-0.1MVa

#### **Ventajas:**

- Activación sencilla
- Ganancia de activación es muy alta.
- Bajo costo
- Alto voltaje
- Alta corriente

#### **Desventajas:**

- Baja velocidad de conmutación.
- No se puede apagar control de compuerta.



**Figura 61-1 Símbolo del SCR.**

Fuente: (Gutiérrez, J. (2013). <http://electronica-moderna.blogspot.com>)

## **TRIAC**

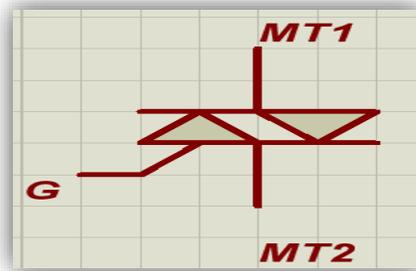
Es un dispositivo semiconductor de tres terminales tal como se puede observar en la figura 64-1, que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por inversión de la tensión o al disminuir la corriente por debajo del valor de mantenimiento. (Lima, G. E. (2012). <http://www.fra.utn.edu.ar>).

### **Características generales**

- Corriente Bidireccional.
- Adecuados para convertidores de conmutación.
- Control del encendido por corriente de puerta (pulso). No es posible apagarlo desde la puerta.
- Pueden apagarse con un pulso de señal negativo.

### **Aplicaciones:**

- Control de corriente alterna.
- Funciona como interruptor electrónico.
- Atenuadores de luz
- Controles de velocidad para motores eléctricos
- Sistemas de control computarizado.



**Figura 62-1 Símbolo del TRIAC.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### Ventajas:

- Menor coste.
- Menor Tamaño
- Mayor versatilidad, el TRIAC permite el paso de una parte controlada de la onda alterna, pudiéndose regular la cantidad de onda (reguladores de luz caseros).
- Mayor velocidad de conmutación, menor desgaste que un elemento mecánico.

### Relé de Estado Sólido

Un relé de estado sólido (SSR) tiene como función principal actuar como conmutador al paso de la electricidad cuando se le aplica una pequeña corriente en sus terminales de entrada, su apariencia física se contempla en la figura 65-1. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles



**Figura 63-1 Relé de Estado Sólido.**

Fuente (Repositorio: Eléctricas BC.2016. <http://www.electricasbc.com>)

Los relés de estado sólido utilizan semiconductores de potencia como tiristores y transistores para conmutar corrientes hasta más de 100 amperios, pueden conmutar a muy altas velocidades (del orden

de milisegundos) en comparación a los electromecánicos y entre las ventajas de este dispositivo tenemos:

- Menor tamaño, elementos más compactos y automatizables.
  - Menor tensión de trabajo, se activan desde 1,5V o menos.
  - Funcionamiento totalmente silencioso.
  - Los SSR son más rápidos que los relés electromecánicos, su tiempo de conmutación en el orden de microsegundos a milisegundos.
  - Vida útil más larga, incluso si se activa muchas veces.
  - No se producen arcos eléctricos.
  - Mucho menos sensible al almacenaje y ambiente operativo, como los golpes, vibraciones, humedad, y campos magnéticos externos.
  - No produce ondas electromagnéticas que puedan producir interferencias en otros equipos.
- (Omron Electronics.S.A. (2014). <http://www.reitec.es>).

## **1.7. Sistemas de control**

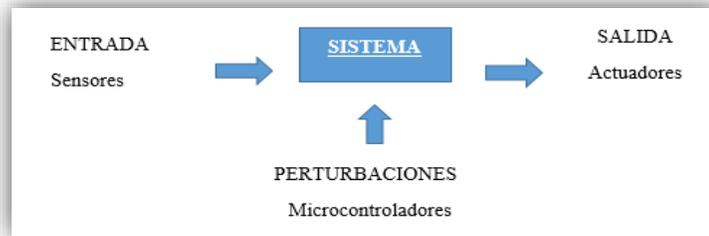
Los sistemas de control están inherentes en la vida del ser humano desde controles simples (microondas) hasta sistemas más complicados (pilotajes de avión) convirtiéndose en un parte integral en procesos comúnmente empleados en:

- Control de presión, temperatura, humedad viscosidad.
- Flujo en las industrias de procesos.
- Manejo y armado de piezas mecánicas en las industrias de fabricación.

Permitiendo el desarrollo de una gran cantidad de áreas, en donde la sola presencia del hombre es insuficiente para gobernarlos, como:

- |                |              |
|----------------|--------------|
| ➤ Espacial     | ➤ Neumática  |
| ➤ Aviación     | ➤ Hidráulica |
| ➤ Petroquímica | ➤ Textil     |
| ➤ Biomédica    | ➤ Alimentos  |
| ➤ Robótica     | ➤ Domótica   |

Para una comprensión de este tipo de sistemas hay que revisar la figura 66-1 donde indica conceptos básicos importantes:



**Figura 64-1 Variables del Sistema de Control.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

**Sistema:** es la combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo.

- **Variable de entrada:** Cuando exista una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.
- **Variable de salida:** es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.
- **Perturbación:** es una señal que afecta al valor de la salida de un sistema.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

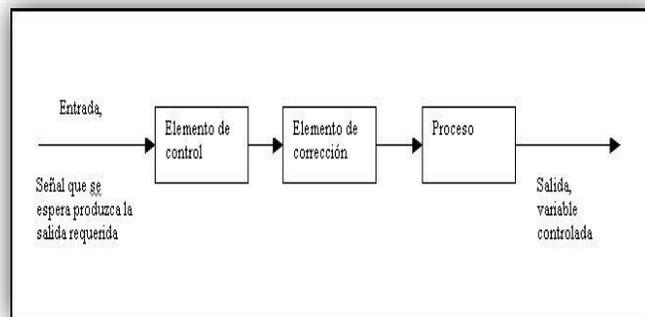
- Garantizar la estabilidad
- Ser robusto frente a perturbaciones
- Ser tan eficiente como sea posible
- Evitar comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente visible y manipulable en tiempo real con ayuda de un ordenador.

#### **Clasificación de los controladores industriales.**

- De dos posiciones o controladores on-off
- Controladores proporcionales
- Controladores integrales
- Controladores proporcionales-integrales
- Controladores proporcionales-derivativos
- Controladores proporcionales-integrales-derivativos

### 1.7.1. *Sistemas de Lazo Abierto*

Un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida y tampoco se realimenta para compararla con la entrada, cada entrada corresponde una condición de operación fija, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. (Ogata, 2010 pp 7-10), el diagrama de bloques del sistema de lazo abierto está especificado en la figura 67-1.



**Figura 65-1 Sistema de Lazo Abierto.**

Fuente:( Salvetti, D. 2012.<http://eet602ei.blogspot.com>)

### 1.7.2. *Sistemas de Lazo cerrado*

La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada, el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema como se mira en la figura 68-1. Es así posible usar componentes relativamente poco precisos y baratos para obtener el control adecuado de una planta determinada, mientras que hacer eso es imposible en el caso de un sistema en lazo abierto, se aplica en las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso crítico donde la respuesta debe ser precisa.

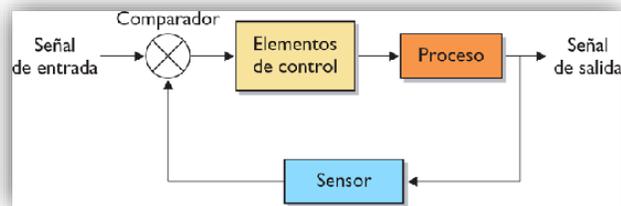
Al implementar este tipo de control trascendental hay conocer sus ventajas y desventajas:

### Ventajas:

- Construcción simple y facilidad de mantenimiento.
- No hay problemas de estabilidad.
- Convenientes cuando la salida es difícil de medir o cuando medir la salida de manera precisa no es económicamente viable.

### Desventajas:

- Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente de lo que se desea.
- Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración con determinada frecuencia. (Ramírez, J. M. (2007).<http://objetos.univalle.edu.com>)



**Figura 66-1 Sistema de Lazo Cerrado.**

Fuente:( Salvetti, D. 2012.<http://eet602ei.blogspot.com>)

### Control Encendido/Apagado

Es un control de dos posiciones en el actuador encendido y apagado, teniendo un punto de referencia, mirar la figura 69-1 para una mejor interpretación del concepto. El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia dado que el controlador produce una continua desviación del valor de referencia, a diferencia entre los tiempos de apagado y encendido del controlador se lo llama Histéresis. La ecuación de control on/off, sus características específicas, ventajas y desventajas se indican a continuación:

$$y(t) = m1(\text{On}) \quad e > 0$$

$$y(t) = m2(\text{Off}) \quad e < 0$$

### Características:

- Este modo de control depende del signo del error.

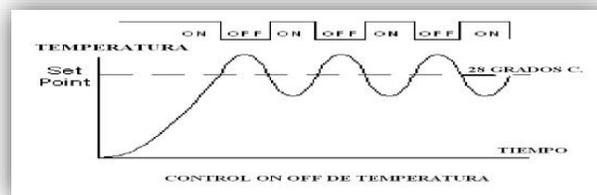
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de reacción lenta.
- Fácil mecanismo de construcción, por eso este tipo de control es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura

#### **Ventajas del sistema de control ON-OFF:**

- Es la forma más simple de control.
- Bajo precio de instalación.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

#### **Desventajas del sistema de control ON-OFF:**

- Mínima precisión.
- Desgaste del elemento final de control.
- Poca calidad con el producto terminado.
- No recomendable para procesos de alto riesgo. (Rubio, A. G. (2011).<https://es.scribd.com/>)



**Figura 67-1 Ejemplo de Control On/Off.**

Fuente: (Gutiérrez, J. (2013). <http://electronica-moderna.blogspot.com>)

## **1.8 Actuadores**

### **1.8.1. Motores DC**

Estos motores son muy utilizados en la industria gracias a su versatilidad de funcionamiento ya que puede funcionar como generador, su facilidad de control es uno de los factores importantes para su frecuente utilización ya que dicho control se puede controlar con circuitos simples y económicos. Por estos factores son ideales para ser usados en:

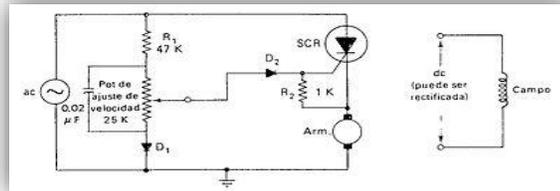
- Coches eléctricos
- Ascensores

- Bandas transportadoras
- Agitadores
- Fresadoras
- Maquinas CNC

### 1.8.2. Técnicas de Control de Velocidad de Motores DC

#### Sistema de control de Media Onda y una Fase para la Velocidad de un Motor de DC en

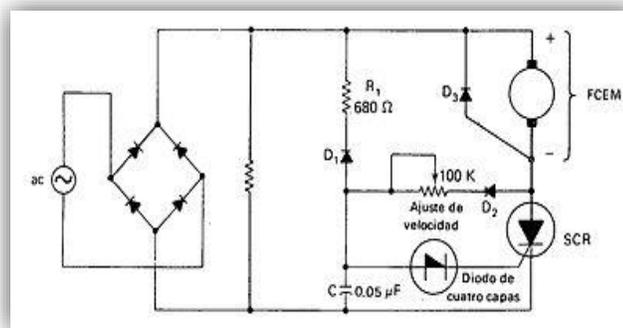
**Derivación:** La figura 70-1 muestra cómo controlar la velocidad del motor a través del potenciómetro, esto se debe a que el voltaje de compuerta en relación a tierra se vuelve una parte mayor del voltaje respectivo de la línea de CA, y esto permite que el voltaje de compuerta a cátodo llegue más temprano en el ciclo al valor del voltaje de disparo del SCR. La relación entre la velocidad y el ángulo de retardo de disparo.



**Figura 68-1 Control por Tiristor.**

Fuente:( Arteaga, P. (2013). [http://es.slideshare.net.pp-6](http://es.slideshare.net/pp-6))

**Sistema de Control de Media Onda Monofásico para la Velocidad de un Motor DC:** La corriente alterna que llega se rectifica en un puente de onda completa, cuyo voltaje pulsante de DC se aplica al devanado de campo y al circuito de control de armadura, tal como apunta la figura 71-1. El ángulo de disparo se determina por la resistencia del potenciómetro de ajuste de velocidad, que determina la rapidez de carga de C.

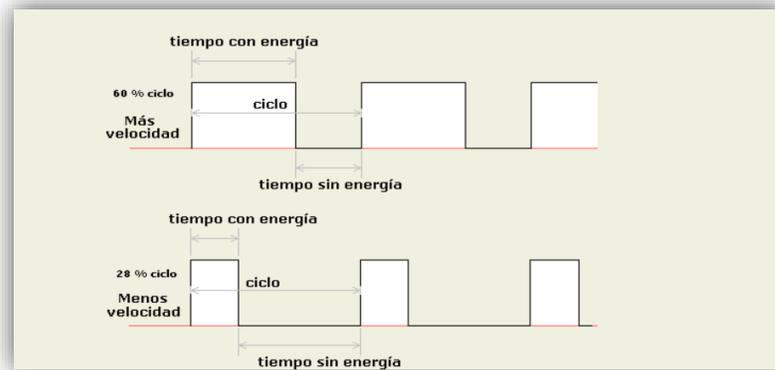


**Figura 69-1 Control por Tiristor.**

Fuente:( Arteaga, P. (2013). [http://es.slideshare.net.pp-7](http://es.slideshare.net/pp-7))

## Control de velocidad mediante PWM

La modulación por Ancho de Pulso de un motor de CC está fundamentada en recortar la forma de onda cuadrada es decir que la energía suministrada al motor disminuirá de forma proporcional en función de los tiempos del ciclo de la onda cuadrada. Controlando esta relación se logra variar la velocidad del motor de una manera bastante eficiente, este ciclo de trabajo puede variar de 0 a 100%, como se observa en la figura 72-1.



**Figura 70-1 Ancho de Pulso.**

Fuente:( Carletti, E. 2015. <http://robots-argentina.com.ar>)

La duración del "tiempo" se llama el ancho de pulso:

$$D= t/T \quad (\text{Ec.6})$$

D: es el ciclo de trabajo

t: es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T: es el período de la función

La frecuencia de PWM dependerá de la aplicación y del tiempo de respuesta del sistema que está siendo controlado.

### 1.9. Resistencias Calefactoras

Si en un conductor circula electricidad, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido al choque que sufren los electrones con las moléculas del conductor por el que circulan elevando la temperatura del mismo, este efecto es conocido como efecto Joule. Mediante la ley de

Joule podemos determinar la cantidad de calor que es capaz de entregar una resistencia, esta cantidad de calor dependerá de la intensidad de corriente que por ella circule, del valor de la resistencia eléctrica y de la cantidad de tiempo que esté conectada. (Segarra, J. 2009. <http://www.monografias.com>)

$$Q = I^2 * R * t \quad (\text{Ec.7})$$

**Donde:**

Q = Energía calorífica producida (Julios)

I = Intensidad de la corriente que circula (Amperios)

R = Resistencia eléctrica del conductor (Ohmios)

t = Tiempo (Segundos)

Así, la potencia disipada por efecto Joule será:

$$P = R * I^2 = \frac{V^2}{R} \quad (\text{Ec.8})$$

### 1.9.1. Tipos de resistencias

**Resistencias tipo tubulares:** Diseñados para satisfacer necesidades especiales aplicables en sólidos, líquidos y gases, manufacturados en acero inoxidable, se fabrican en diferentes diámetros, longitud, voltaje, potencias y terminaciones como por ejemplo en la figura 73-1 muestra.



**Figura 71-1 Resistencia Tipo Tubular.**

Fuente:( Carletti, E. 2015. <http://robots-argentina.com.ar>)

**Resistencias tipo cartucho:** su constitución física como se observa en la figura 74-1 permite la utilización de estas resistencias en zonas de difícil acceso o espacios reducidos. Es de alto poder de

concentración de potencias. Pueden ser suministradas de baja y alta densidad de carga. Es posible fabricar cartuchos en diferentes potencias y medidas a solicitud del cliente.



**Figura 72-1 Resistencia Tipo Cartucho.**

Fuente:( Repositorio: KGV Resistencias <http://www.resistencias-kgv.com>)

#### *1.9.1.1 Resistencia tipo Abrazadera*

Son elementos para abrazar cualquier tipo de recipiente, sea circular, rectangular o cuadrangular como indica la figura 75-1. Poseen diferentes tipos de aprietes y terminales con cierre tornillo allen o articuladas con bisagras. Tiene la capacidad de soportar altas temperaturas. Para solicitar su pedido, debe proporcionar: diámetro y ancho del tubo, tipo de apriete, terminales y números de orificios (este último opcional).



**Figura 73-1 Resistencia Tipo Abrazadera.**

Fuente:( Repositorio: KGV Resistencias <http://www.resistencias-kgv.com>)

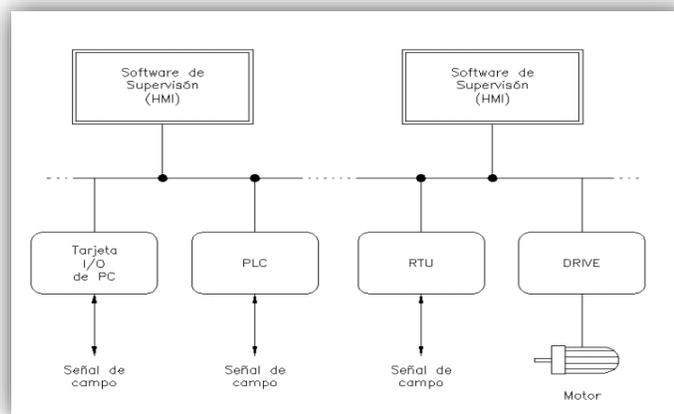
### **1.10 Interfaz Hombre Maquina HMI**

Interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina, la figura 76-1 indica las funciones que cumple la interfaz las cuales son: control, supervisión e interacción con el proceso. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por

indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad se utilizan pantallas táctiles que integran todos los elementos tradicionales haciendo que los HMI actuales sean eficaces, además que permiten una conexión más sencilla y económica con el proceso. (Arenas, L. (2011). <https://es.scribd.com>), entre sus características tenemos las siguientes:

- Captar la situación en forma rápida
- Crea condiciones para la toma de decisiones acertadas.
- Optimización de los equipos
- Seguridad para el usuario
- Facilidad los niveles de actividades del operador



**Figura 74-1 HMI.**

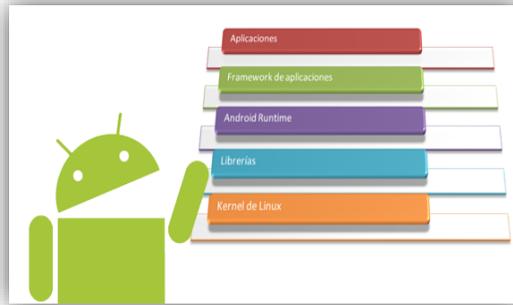
Fuente:( Introduccion HMI. (2014). <http://iaci.unq.edu.ar>)

### **1.10.1. Android**

Android es un sistema operativo, basado en Linux para teléfonos móviles, tablets, notebooks, reproductores de música e incluso PC's, esta plataforma ofrece las siguientes características:

- Código abierto.
- Núcleo basado en el Kernel de Linux.
- Soporte de Java y muchos formatos multimedia.
- Soporte de HTML, HTML5, Adobe Flash Player, etc.
- Multitarea real de aplicación. (Cruz, R. A. (2013). <http://www.utm.mx>).

Su organización al nivel interno está compuesta como indica figura 77-1:



**Figura 75-1 Arquitectura Android.**

Fuente:( Repositorio: Android.2011. <http://androideity.com>)

- **Aplicaciones:** incluyen un cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos y otros. Todas ellas escritas en Java.
- **Marco de trabajo de aplicaciones:** La arquitectura está diseñada para simplificar la reutilización de componentes; cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas capacidades.
- **Núcleo Linux:** Android depende de Linux para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo. (Repositorio: Android.2011. <http://androideity.com>)

### ***1.10.2. Programación orientada a objetos JAVA***

El término de Programación Orientada a Objetos (Object Oriented Design) es una metodología de desarrollo de software que se puede aplicar a cualquier tipo de lenguaje de programación, permitiendo a los programadores escribir software de forma organizada además ayudan a la solución de problemas relacionados con la falta de portabilidad del código, ciclos de desarrollo largos y técnicas de codificación no intuitivas. Podemos definir un objeto como un conjunto complejo de datos y programas que poseen estructura y forman parte de una organización. (Velasco, L. G. (2010). <http://laurel.datsi.fi.upm.es>)

#### **Conceptos básicos:**

- **Clase:** Definiciones de las propiedades y comportamiento de un tipo de objeto concreto. La instanciación es la lectura de estas definiciones y la creación de un objeto a partir de ella.

- **Objeto:** Entidad provista de un conjunto de propiedades o atributos (datos) y de comportamiento o funcionalidad (métodos).
- **Herencia:** característica que permite a la clase definirse a partir de otras, y así reutilizar su funcionalidad. A la clase padre se le llama superclase, clase base..., y a la hija subclase, clase derivada.
- **Atributos** Características que tiene la clase.
- **Mensaje:** Una comunicación dirigida a un objeto, que le ordena que ejecute uno de sus métodos con ciertos parámetros asociados al evento que lo generó.
- **Método :** Algoritmo asociado a un objeto cuya ejecución se desencadena tras la recepción de un "mensaje".
- **Evento:** Es la reacción que puede desencadenar un objeto.

### **Características**

- **Abstracción :** selecciona las características relevantes dentro de un conjunto e identificar comportamientos comunes para definir nuevos tipos de entidades en el mundo real.
- **Encapsulamiento:** Significa reunir todos los elementos que pueden considerarse pertenecientes a una misma entidad, al mismo nivel de abstracción.
- **Polimorfismo :** Comportamientos diferentes, asociados a objetos distintos, pueden compartir el mismo nombre; al llamarlos por ese nombre se utilizará el comportamiento correspondiente al objeto que se esté usando.
- **Modularidad :** Se denomina "modularidad" a la propiedad que permite subdividir una aplicación en partes más pequeñas (llamadas módulos).
- **Recolección:** Es la técnica por la cual el entorno de objetos se encarga de destruir automáticamente, y por tanto desvincular la memoria asociada. (Hernández, L. A. (2013). <http://fcasua.contad.unam.mx>)

#### ***1.10.3. Android Studio***

Android Studio es un nuevo entorno de desarrollo integrado para el sistema operativo Android lanzado por Google cuyo logotipo característico se observa en la figura 78-1 , ofrece nuevas herramientas para el desarrollo de aplicaciones y alternativa al entorno Eclipse, hasta ahora el IDE más utilizado, en la actualidad con el avance de los dispositivos móviles gracias a sus características:

- Un entorno de desarrollo claro y robusto.

- Facilidad para testear el funcionamiento en otros tipos de dispositivos.
- Uso en tiempo real.
- Herramientas para detectar problemas de rendimiento, compatibilidad de versiones, y otros problemas.
- Plantillas para crear diseños comunes de Android y otros componentes. (Rosso, R. (2016). <http://android-studio.uptodown.com>)



**Figura 76-1 Android Studio.**

Fuente:( Repositorio: Android.2016. <http://developer.android.com>)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

El diseño del sistema es la parte más importante ya que de ello depende el funcionamiento correcto o no del mismo. Se define como una representación gráfica la cual servirá de guía para el desarrollo adecuado del trabajo de titulación.

El diseño consta de dos partes mecánico y electrónico, donde en el sistema mecánico considera el tipo de material a construir, sus propiedades físicas, etc. En cuanto al diseño electrónico considera los diferentes sensores y actuadores que posee el sistema. Posteriormente al diseño se procedió a su implementación el cual se detalla paso a paso.

La programación de los controladores del sistema, PLC, microcontrolador, HMI, los cuales controlaran el hardware para un desempeño correcto del sistema.

#### 2.2. Diseño Hardware del Sistema

El Hardware del sistema se refiere a toda la parte física del mismo, tanto mecánico como electrónico, lo cual se detalla a continuación.

##### 2.2.1. *Diseño Mecánico.*

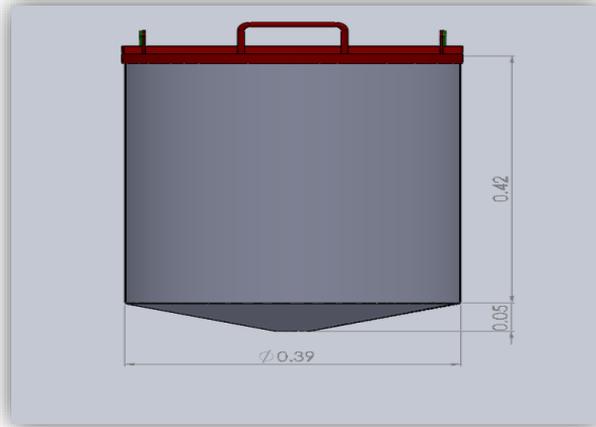
Como primer paso se realizó el diseño mecánico de la estructura del sistema.

##### 2.2.1.1. *Contenedores de materia prima*

Son recipientes de almacenamiento para la materia prima. La geometría de los recipientes es de forma cilíndrica con fondo cónico o tipo cono, ya que ayuda a que no se almacene residuos en el mismo y también sea más fácil su limpieza.

➤ **Calculo del Volumen (V) del contenedor:**

En la figura 1-2 se especifica las dimensiones del contenedor primario



**Figura 1-2 Dimensiones de Contenedores Primarios**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Para saber la capacidad que tendrá el contenedor primario se realizó el cálculo de volumen de la parte cilíndrica y el fondo cónico, las cuales al sumarlas nos dan el volumen total del recipiente.

$$V_{cil} = \pi * r^2 * H \quad Ec(1-2)$$

$$V_{cil} = 3.1416 * 0.195 * 0.195 * 0.39 = 46.5 \text{ L}$$

$$V_f = \frac{1}{2} * \pi * r^2 * H_2 \quad Ec(2-2)$$

$$V_f = \frac{1}{2} * 3.1416 * 0.195 * 0.195 * 0.05 = 2.98 \text{ L}$$

$$V_{tot} = V_{cil} + V_f \quad Ec(3-2)$$

$$V_{tot} = 46.5 \text{ L} + 2.98 = 49.48 \text{ L}$$

Donde:

$V_{cil}$  = Es el volumen del cilindro

$V_f$  = Es el volumen del fondo del contenedor

$V_{tot}$  = Volumen Total.

$\Pi$  = el valor de Pi = 3.1416

H = Altura del contenedor

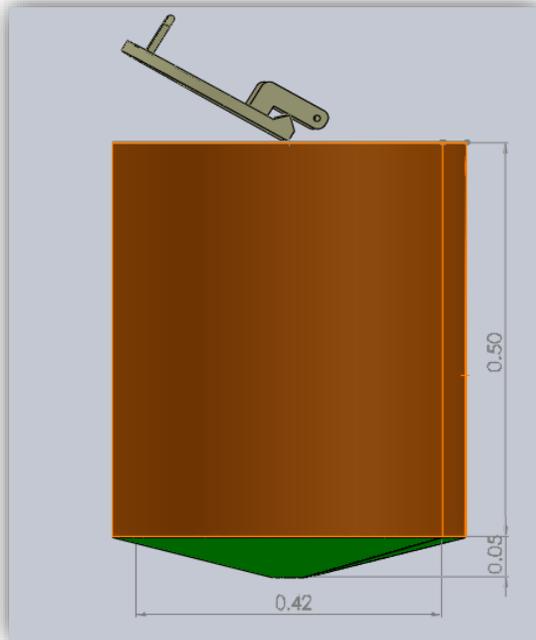
r = Radio del contenedor

### 2.2.1.2. Contenedor Principal

Es el contenedor principal donde se realiza la mezcla de la materia prima, posee una capacidad ligeramente superior a la de los contenedores primarios, además de una capa de recubrimiento que garantizara mantener el calor dentro del recipiente.

#### ➤ Cálculo del Volumen (V) del contenedor principal:

En la figura 2-2 se especifican las dimensiones del contenedor principal.



**Figura 2-2 Dimensiones Contenedor Principal.**

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

Se realizó el cálculo con las ecuaciones 1-2, 2-2, y 3-2 para saber la capacidad del contenedor principal.

$$V_{cil} = \pi * r^2 * H \quad Ec(1-2)$$

$$V_{cil} = 3.1416 * 0.21 * 0.21 * 0.50 = 69.2 \text{ L}$$

$$V_f = \frac{1}{2} * \pi * r^2 * H_2 \quad Ec(2-2)$$

$$V_f = \frac{1}{2} * 3.1416 * 0.21 * 0.21 * 0.05 = 1.3 \text{ L}$$

$$V_{tot} = V_{cil} + V_f \quad Ec(3-2)$$

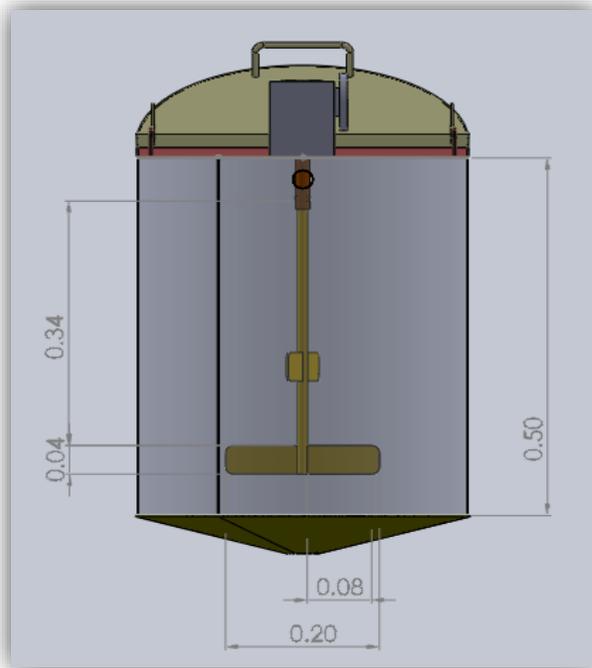
$$V_{tot} = 48.9 \text{ L} + 1.79 = 70.5 \text{ L}$$

### 2.2.1.3. Sistema de agitación de paletas planas

Para el sistema de agitación se utilizó un agitador paletas planas, porque se necesita una velocidad de agitación relativamente baja, y que la mezcla sea suave y muy uniforme.

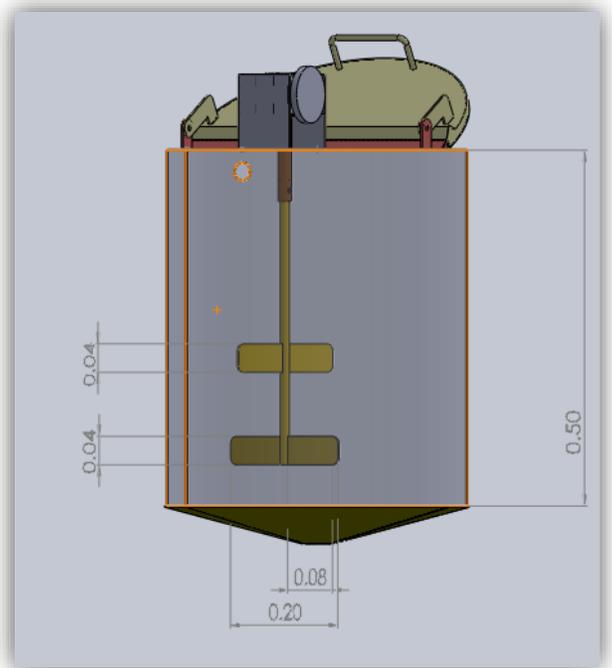
En el diseño de las paletas se tomó en cuenta el tipo de viscosidad del fluido, la pérdida de potencia, y se llegó a determinar un sistema de agitador de paletas descentrado en el contenedor principal, impulsado por motorreductor es el adecuado, el agitador se montó en forma vertical.

En las figuras 3-2 y 4-2, se observa el diseño del sistema de paletas en vista frontal y lateral respectivamente



**Figura 3-2 Paletas Planas Vista Frontal.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.



**Figura 4-2 Paletas Planas Vista Lateral**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 2.2.1.4. Reductor de Velocidad para agitador

Una caja de reducción de velocidad es un sistema de transmisión mecánico que se basa en un conjunto de engranes metálicos y tiene como fin reducir la velocidad de un motor y mantenerla constante.

Para el dimensionamiento del reductor de velocidad primero de cálculo el número de Reynolds con la ecuación 4-2

$$Nre = \frac{Da^2 * N * \rho}{\mu} \quad Ec(4 - 2)$$

Donde

Nre = Numero de Reynolds

Da = diámetro del agitador

$\rho$  = densidad del fluido

$\mu$  = viscosidad

N = número de revoluciones en un segundo

Datos:

Da= 0.2m

$\rho$  = 1199 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  = 0,06253 kg/m\*s

N = 1,66 rps

$$Nre = \frac{0,2^2 * 1,66 * 1199}{0,06253}$$

Nre = 1273,2 <= 2000

Se determinó que es un fluido del tipo laminar, la potencia se determinar por la ecuación 5-2

$$P = Kl * N^3 * Da^5 * \rho \quad Ec(5 - 2)$$

Donde:

P = potencia

Kl= Constante de flujo laminar, depende de las características del agitador

N = número de revoluciones en un segundo

Da = Diámetro del agitador.

$\rho$  = Densidad del fluido

La constante Kl se determina mediante el siguiente cuadro de la figura 6-2.

Tipo de impulsor	$K_L$	$K_T$
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0	41	0.32
Paso 1.5	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas	65	5.75
Seis palas inclinadas	-----	1.63
Cuatro palas inclinadas	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Ancla	300	0.35

**Figura 5-2 Cuadro de constantes  $K_t$  y  $K_l$ .**

Fuente : (Den 2013, <https://es.scribd.com/doc/101093358/35272890-Calculo-de-Tanque-Agitador>)

$$P = 36,5 * 1,6^3 * 0,2^5 * 1199$$

$$P = 57,36 \text{ w}$$

Se determinó un motor con una potencia de 57,36W, en los valores nominales de los motores el valor inmediato superior es de 60w. En la tabla 1-2 se detalla a los datos del motorreductor.

**Tabla 1-2 Datos de Motorreductor**

Datos de Motorreductor	
Motor	
Potencia	60 W
Voltaje	24 VDC
Corriente	2.5 A
RPM	1500
Eje salida (L)	18 mm
Eje salida (D)	9 mm
Caja reductora	
Eje entrada (L)	18 mm
Eje entrada (D)	9 mm
Engrane Recto Piñón	6 a 1
Engrane Recto Rueda	6 a 1
Rodamiento Cónico	4
Eje Salida (L)	30 mm
Eje Salida (D)	125 mm
Torque	0.22 kg.m
RPM	200

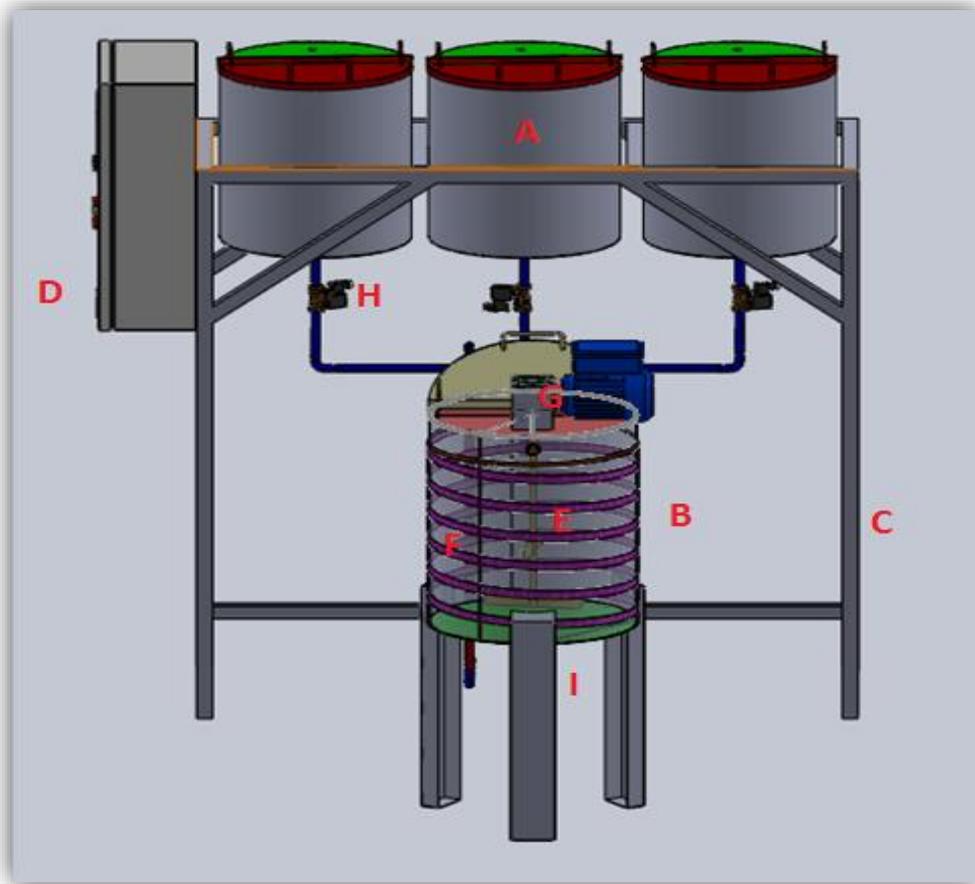
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 2.2.1.5. *Diseño Mecánico Final.*

Por ultimo en la figura 5-2 se presenta el diseño final del sistema que se implementó donde se detalla a continuación.

- A. Contenedores Primarios
- B. Contenedor Principal
- C. Estructura o soporte base
- D. Tablero de control
- E. Agitador de Paletas
- F. Resistencia Calefactora
- G. Motorreductor
- H. Electroválvulas hidráulicas.
- I. Drenado del producto final.

Los planos completos del diseño del sistema se adjuntan en el anexo A.



**Figura 6-2 Diseño Mecánico Final del sistema.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

## 2.2.2. Sistema de Mezcla

El sistema de mezcla está constituido por diferentes circuitos encargados de controlar los diferentes actuadores del proceso, los cuales son detallados a continuación,

### 2.2.2.1. Diseño de Sistema Neumático

Se considera los siguientes parámetros

- Velocidad
- Eficiencia
- Riesgos contaminantes
- Económicos

#### Cálculos de presiones y fuerzas en el sistema.

Para el dimensionamiento del sistema neumático se empezó calculando las presiones que genera el sistema en diferentes puntos donde se colocó las válvulas.

#### Densidades de los productos

Para el cálculo y dimensionamiento de los componentes del sistema nos basamos en las densidades relativas del zumo de pulpa pura sin azúcar ni agua, En el cuadro 6-2 se detalla las diferentes densidades de zumo de frutas.

PULPA	DENSIDAD = MASA/VOLUMEN	PRESENTACION EN GRAMOS	EQUIVALENTE EN VOLUMEN mL y CC
Lulo	1030.00	1000	970.87
Mora	1036.00	1000	965.25
Naranja	1100.00	1000	909.09
Manzana	1000.00	1000	1000.00
Limon	1056.00	1000	946.97
Guanabana	1072.00	1000	932.84
Mango	1090.00	1000	917.43
Mandarina	1110.00	1000	900.90
Durazno	1082.00	1000	924.21
Tamarindo	1100.00	1000	909.09
Piña	1057.00	1000	946.07
Curuba	1058.00	1000	945.18
Uva	1052.00	1000	950.57
Pera	1107.00	1000	903.34
Fresa	1028.00	1000	972.76
Tomate	1072.00	1000	932.84
Papaya	1072.00	1000	932.84
Guayaba	1085.00	1000	921.66

**Figura 7-2 Cuadro de densidades de Zumo de Pulpa Fruta sin azúcar.**

Fuente : (Den 2013, [https://www.academia.edu/5469240/DENSIDAD\\_Y\\_VOLUMEN\\_DE\\_PULPA\\_DE\\_FRUTA](https://www.academia.edu/5469240/DENSIDAD_Y_VOLUMEN_DE_PULPA_DE_FRUTA))

## Mezcla de densidades

El sistema posee 3 contenedores primarios con una capacidad de 50 L cada uno, donde cada recipiente puede almacenar cualquiera de los zumos antes mencionados, incluyendo agua.

Tomemos como ejemplo una mezcla de 3 zumos: Naranja, tomate y mandarina. En una mezcla la densidad resultante está definido por la ecuación

$$\rho_T = \sum X_i * \rho_i \quad \text{Ec(6-2)}$$

Donde:

$\rho_T$  = densidad total

$X_i$  = relación entre masa unitaria y masa total

$\rho_i$  = densidad

Retomando el ejemplo anterior, suponiendo que las cantidades a mezclar son de 2 m<sup>3</sup> , 3 m<sup>3</sup> , 4 m<sup>3</sup> , respectivamente

$$\rho_T = \frac{2200}{9856} * 1100 + \frac{3216}{9856} * 1072 + \frac{4440}{9856} * 1110 = 1095,37 \frac{kg}{m^3}$$

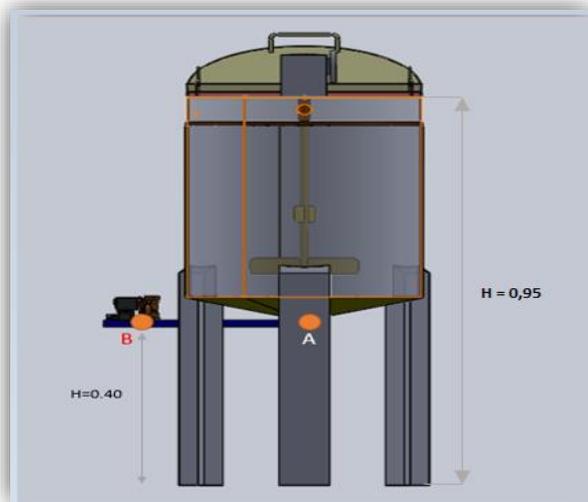
Como se aprecia el zumo con mayor densidad es de mandarina, se recomienda un +/- 10% de su valor debido a cambios de viscosidad que pueda existir. Entonces se tiene:

$$\rho \text{ mandarina} = \frac{1221 \text{ kg}}{m^3}$$

Se trabajó con la densidad de mayor valor tanto en los contenedores primarios como en el principal ya que es cuando se genera mayor presión en el sistema. Indiferentemente si se mezcla con algún otro zumo incluso agua.

### **Cálculo de Presiones del sistema en el contenedor principal: P(A) = P(B)**

Dicho esto, en la figura 7-2 se muestra los puntos de presión del sistema A y B, donde la presión de los dos puntos es la misma, además nos muestra las alturas a las cuales está colocado y que ayudaran al cálculo.



**Figura 8-2 Puntos de cálculo de presiones.**

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

**Datos:**

$$\rho = 1221 \text{ kg/m}^3 ; \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 ; \quad h = (0,95 - 0,40) \text{ m} ; \quad 1 \text{ atm} = 73281 \text{ Pa}$$

$$P(B) = (\rho * g * h) + 1 \text{ atm} = (1221 * 9,81 * 0,55) + 73281 \text{ Pa}$$

$$P(B) = 79.868 \text{ KPa} * \frac{1 \text{ bar}}{100 \text{ kpa}} = 0,79 \text{ Bar} * \frac{1 \text{ psi}}{0,068 \text{ bar}} = 11,45 \text{ PSI}$$

➤ **Calculo de la fuerza que ejerce el fluido en el punto B**

$$P(B) = F(B) / A(B)$$

$$F(B) = P(B) * A(B)$$

➤ **Área de la tubería de salida:** Diámetro de salida 1 pulgada

$$A(B) = \pi * R^2 = \pi * (0,0127 \text{ m})^2 = 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F(B) = 79,868 \text{ kpa} * 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F(B) = 40,41 \text{ N}$$

Donde:

P(A) = Presión en A

g = gravedad

P(B) = Presión en B

h = altura

$\rho$  = densidad

atm = atmosfera

R= radio

$\pi$  = valor de Pi

Según catálogos de fabricantes se escogió una válvula neumática de asiento inclinado que soporta 40,41 N de fuerza o 0,79 bar de presión, considerando que el contenedor principal está abierto y se encuentra lleno, ya que es cuando el sistema genera la máxima fuerza y presión en el Punto B.

### Dimensionamiento Neumático

Sabiendo la presión requerida por el actuador neumático se procede al dimensionamiento del resto del sistema.

### Definición de los puntos de consumo

Como primer punto se establece los puntos de consumo del sistema, el cual se detalla en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Punto de Consumo del sistema neumático

Nro.	Tipo
1	Válvula Asiento Inclinado Simple Efecto Retorno por muelle

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

### Actuador neumático

Teniendo en cuenta que se necesita un actuador que soporte 53.69 N de fuerza o 0,79 bar de presión, además que la Planta de Lácteos dispone de un compresor neumático que proporciona una presión de aire de hasta 8 bar, y un caudal máximo de 80 L/min, se escogió el actuador, el cual se detalla en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Datos actuador neumático

Actuador	Presión Trab. (psi)	Presión Max (psi)	Diámetro Racor (Pul)
Cilindro Neumático Asiento Inclinado Simple efecto Acero Inox	70 psi	140	3 / 8

Fuente: (Danfoss 2016, <http://www.danfoss.com/products-and-solutions/>)

### Cálculo de Volumen de orificio de salida del Cilindro.

Se calcula el volumen de salida del actuador neumático. Que tiene las dimensiones

Diámetro = 50mm.

Longitud = 10mm.

$$V = \pi * r^2 * L \quad \text{Ec(7-2)}$$

$$V = \pi * 25\text{mm} * 10\text{mm} = 785 \text{ mm}^3 = 3/64 \text{ pul}^3$$

Donde:

V = volumen

r = radio del orificio

$\pi$  = valor de Pi

L = longitud del orificio

Se procedió a buscar en la tabla 4-2 el valor del caudal fijándose en el valor de la intersección en la presión del sistema y el volumen

**Tabla 4-2** Tabla de Caudal según orificios.

Presión manométrica <sup>1</sup> [psi]	Tamaño del orificio, diámetro en pulgadas <sup>3</sup>							
	1/64	1/32	3/64	1/16	3/32	1/8	3/16	1/4
50	0.225	0.914	2.05	3.64	8.2	14.5	32.8	58.2
60	0.26	1.05	2.35	4.2	9.4	16.8	37.5	67
70	0.295	1.19	2.65	4.76	10.7	19.0	43.0	76
80	0.33	1.33	2.97	5.32	11.9	21.2	47.5	85
90	0.364	1.47	3.28	5.87	13.1	23.5	52.5	94
100	0.40	1.61	3.66	6.45	14.5	25.8	58.3	103
110	0.43	1.76	3.95	7.00	15.7	28.0	63	112
120	0.47	1.90	4.27	7.58	17.0	30.2	68	121
130	0.50	2.04	4.57	8.13	18.2	32.4	73	130
140	0.54	2.17	4.87	8.68	19.5	34.5	78	138
150	0.57	2.33	5.20	9.20	20.7	36.7	83	147
175	0.66	2.65	5.94	10.6	23.8	42.1	95	169
200	0.76	3.07	6.90	12.2	27.5	48.7	110	195

Fuente: (es.scribd, 2013, <http://es.scribd.com/doc/130203487/DISENO-Y-CALCULO-DE-ELEMENTOS>)

Mediante la tabla anterior se establece a que el cilindro neumático requiere un caudal  $Q = 2,68 \text{ L/s}$ , como ya se mencionó antes el compresor disponible abastece sin ningún problema la demanda del actuador neumático.

## Electroválvula direccional de control neumático.

Se requiere una válvula que sea capaz de soportar una presión de hasta 8 bar, con un caudal 2.68 L/min, la cual se detalla a continuación en la tabla 5-2.

**Tabla 5-2** Datos de Electroválvula direccional.

Función de válvula	3/2 Monoestable
Tipo de accionamiento	Solenoides 220VCA
Caudal Nominal	1 a 10 L/min
Presión	0 a 10 bar
Reposición	Muelle mecánico
Diámetro Nominal Salida	3/8 Pulgada
Diámetro Nominal Entrada	3/8 Pulgada
Escape	Si
Accionamiento Auxiliar	Manual
Temperatura	-10 ° C a 60°C
Presión Control	70 psi

Fuente: (Skinner Valve, 2016, www.skinner/products.com)

## Tubería

Se colocó manguera de poliuretano de ¼ de pulgada, aproximadamente 2.5 metros, la cual según en la figura 8-2 soporta una presión máxima de hasta 150 psi.

Referencia	OD	ID	Color	Presión de Trabajo
MPC1011	1/8"	2 mm	Negro	150 PSI
MPC1015	1/8"	2 mm	Azul	150 PSI
MPC1021	1/4"	4.15 mm	Negro	150 PSI
MPC1025	1/4"	4.15 mm	Azul	150 PSI
MPC1091	5/16"	5 mm	Negro	150 PSI
MPC1095	5/16"	5 mm	Azul	150 PSI
MPC1031	3/8"	6 mm	Negro	150 PSI
MPC1035	3/8"	6 mm	Azul	150 PSI
MPC1041	1/2"	8.5 mm	Negro	150 PSI
MPC1045	1/2"	8.5 mm	Azul	150 PSI

**Figura 9-2** Hoja de datos de Mangueras de Poliuretano.

Fuente: (Nuematic.com 2012, <http://www.neumaic.com/files/Mangueras-y-Racores/01%20Mangueras.pdf>)

## Acoples Rápidos

Se usó racores como acoples rápidos con una reducción de 3/8 de pulgada a 1/4 de pulgada para la manguera de poliuretano.

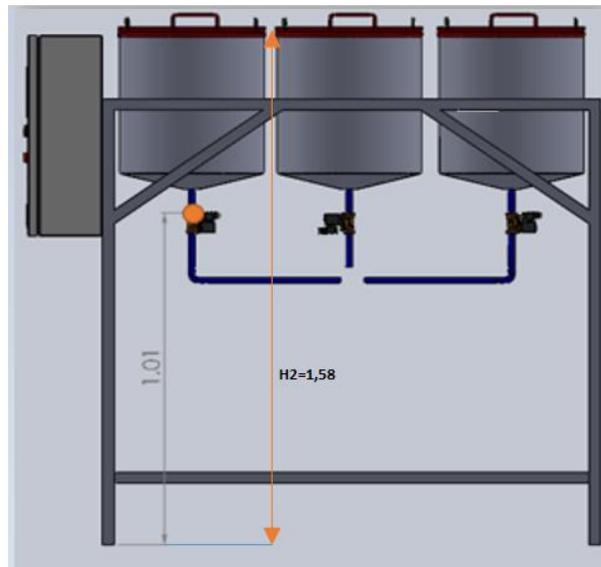
El diseño completo del sistema neumático se adjunta en el anexo B.

### 2.2.2.2. *Diseño de Sistema Hidráulico*

El sistema hidráulico del sistema controla la apertura o cierre de los contenedores primarios hacia el contenedor principal.

## Calculo de Presiones del sistema

Tal y como se hizo para el dimensionamiento del sistema neumático, se procede de igual manera para el sistema hidráulico, como se aprecia en la figura 9-2 el punto de color naranja es donde se colocó la válvula hidráulica, y es allí donde se procedió al cálculo para el dimensionamiento



**Figura 10-2 Alturas de las Válvulas.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### Datos:

$$\rho = 1221 \text{ kg/m}^3 ; \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 ; \quad h = (1,58 - 1,01) \text{ m} ; \quad 1 \text{ atm} = 73281 \text{ Pa}$$

$$P = (\rho * g * h) + 1 \text{ atm} = (1221 * 9,81 * 0,57) + 73281 \text{ Pa}$$

$$P = 80,108 \text{ KPa} * \frac{1 \text{ bar}}{100 \text{ kpa}} = 0,80 \text{ Bar} * \frac{1 \text{ psi}}{0,068 \text{ bar}} = 11,76 \text{ PSI}$$

La presión que genera en el punto, es la máxima que genera el sistema, teniendo en cuenta que el recipiente está lleno y está abierto.

### Válvula Hidráulica

Como el sistema genera una presión pequeña. Se necesita una válvula que posee una presión mínima despreciable de trabajo para su activación. La válvula que se utilizó se detalla en la tabla 6-2.

**Tabla 6-2** Datos de Electroválvula de paso Hidráulica.

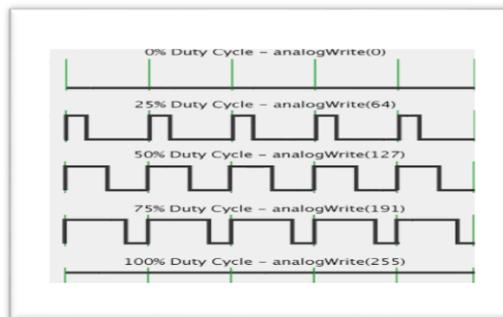
Modelo	2W-25
Voltios	220 VCA
Potencia	22 W
Diámetro	1 Pulgada
Temperatura	0 a 120 ° C
Presión	0 a 10 bar
Reposición	Muelle mecánico
Material	Aceros Inox

Fuente (Datos de placa de válvula)

El diseño completo del sistema hidráulico se adjunta en el anexo C

#### 2.2.2.3. *Diseño de Control de Velocidad de motor mediante PWM*

El control de velocidad mediante modulación por ancho de pulso PWM, es una técnica muy acertada a la hora de control de motores DC, ya que es un método rápido y de fácil implementación. La señal de Control PWM se genera en el microcontrolador Arduino, la cual trabaja a una frecuencia de 500hz, con una resolución de 8 bits de salida. En la figura 10-2 se muestra la señal PWM de salida con la respectiva variación del ciclo de trabajo.



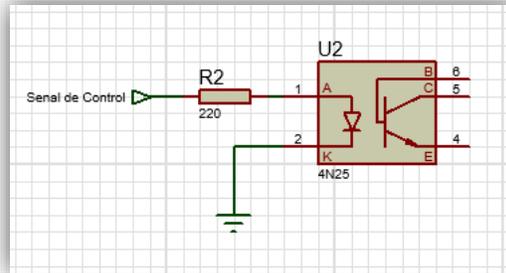
**Figura 11-2** Pulso PWM Arduino.

Fuente: (Ardiono.cc 2011, <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>)

## Opto acoplamiento

Con el fin de proteger el circuito de control de uso un opto acoplador 4n25.

La señal de control ingresa a la entrada del opto acoplador conectado con una resistencia en serie, la salida del opto acoplador se conecta al circuito de potencia basado en transistores tal como se muestra en la figura 11-2.



**Figura 12-2 Opto acoplador 4n25.**

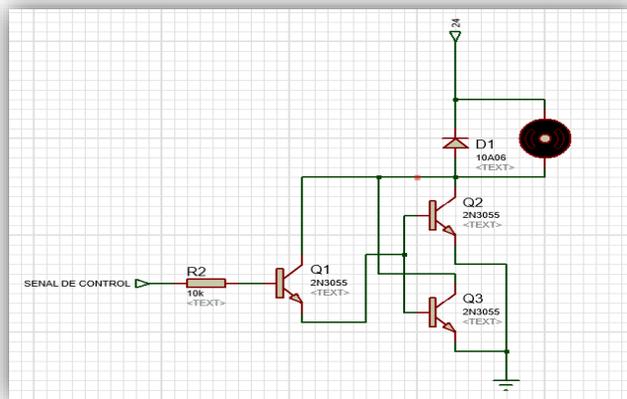
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

La hoja de especificaciones del opto acoplador se adjunta en anexo D

### ➤ Circuito de potencia

El circuito de control de base de transistor actúa como amplificador de corriente, lo que quiere decir que, con una pequeña señal de control en su base, se logra controlar grandes corrientes en el colector, y con esto se logró una regulación de velocidad muy óptima.

Los transistores están conectados en tipo Darlington tal y como se muestra en la figura 12-2.



**Figura 13-2 Circuito de potencia para control de motor DC.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

La hoja de especificaciones de los transistores 2n3055 se adjunta en el anexo E.

#### 2.2.2.4. Diseño de Control de temperatura

El contenedor principal está en la capacidad de calentar el producto que se encuentre mezclando, para lo cual se detalla a continuación el proceso de control.

#### Dimensionamiento Resistencia Calefactora

Se requiere que el sistema esté en capacidad de llegar a una temperatura máxima que oscile entre 48° C y 50° C, para ello se procede al dimensionamiento en función del requerimiento del sistema

#### Datos:

$V = 60L$  ;  $\rho = 1210 \text{ kg/m}^3$  ; Temp = 50°C ; t=45 minutos

Se procede cálculo de calorías necesarias con la ecuación 8-2.

$$Q = m * Ce * \Delta t \quad \text{Ec (8-2)}$$

Donde:

Q = cantidad de calor.

Ce = calor específico

m = masa del cuerpo

$\Delta t$  = Variación de temperatura (Tf – To)

En el cuadro 13-2 se muestra el calor específico para algunos zumos de frutas.

JUGOS	Agua (%)	T (°C)	k (W/m°C)	$\alpha$ ( $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )	$\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	Cp (KJ/kg°C)
Jugo de Manzana	87.0	20.00	0.559	-	-	-
	87.2	15.52	0.553	0.1367	1050.8	3.850
	- <sup>1</sup>	80.00	0.631	-	-	-
	70.0	20.00	0.504	-	-	-
Jugo de Pera	89.0	20.00	0.550	-	-	-
	-	80.00	0.629	-	-	-
	68.0	20.00	0.475	-	-	-
	-	80.00	0.532	-	-	-
Jugo de Cereza	86.7	15.57	0.553	0.1367	1052.4	3.850
Jugo de Uva	84.7	15.57	0.556	0.1316	1062.0	3.810
Jugo de Naranja	89.0	15.50	0.553	0.1367	1042.8	3.890
Jugo de Frambuesa	84.7	15.57	0.553	0.1367	1046.0	3.890
Jugo de Fresa	89.0	15.50	0.571	0.1393	1033.2	3.970
Jugo de Tomate	95.2	30.02	0.596	0.1444	1010.1	4.052
	95.2	60.02	0.630	0.1535	1006.3	4.079
	95.2	90.02	0.653	0.1612	9987.2	4.100
Jugo en General	89.0	20.00	0.567	-	-	-
	-	80.00	0.639	-	-	-
	70.0	20.00	0.496	-	-	-

**Figura 14-2 Propiedades térmicas de zumos de frutas.**

Fuente (Choi y Okos ,1986. tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1261/Capitulo7.pdf)

Con la ecuación 5-2 se calcula las calorías necesarias.

$$Q = 1.210 \frac{gr}{cm^3} * 1cm^3 * 0,929 \frac{Cal}{gr * ^\circ C} * (1)^\circ C$$

$$Q = 1,124 Cal$$

Se establece que, para calentar a 1°C de 1,210 gr de fluido, se necesita 1,124 calorías

$$1^\circ C = 1,124 Cal = 1,221 gr de fluido$$

Entonces:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{1210 kg}{m^3} * \frac{1 m^3}{1000 lts} = \frac{1,210 kg}{lts}$$

Como se tiene 60 L se multiplica por este valor:

$$\rho = \frac{1,210 kg}{lts} * 60Lts = \frac{72,600 kg}{lts} \text{ o } \frac{72600 gr}{lts}$$

Entonces

$$Qt = 72600gr * 1,124 \frac{cal}{gr * ^\circ C} * 50^\circ C$$

Resumiendo, para llegar a los 50 °C, en 72600 gr de fluido se necesita 4080,12 KCal

Tomando como referencia 1 hora = 3600 segs

$$Cal\ necesarias = \frac{4080.12\ KCal}{3600\ segs} = 1,13\ Kcal.$$

Teniendo en cuenta que

$$\begin{array}{lcl} 1\ Cal & = & 4186\ Joule \\ 1,13\ Kcal & = & x \end{array}$$

$$x = \frac{1,133\ kcal * 4186\ J}{1\ cal} = 4744272,86\ J$$

Relación de conversión entre Joule y Kwh

$$\begin{array}{lcl} 3.6 \times 10^6\ j & = & 1KWh \\ 4744272,86\ J & = & x \end{array}$$

$$x = \frac{4744272,86 \text{ J} * 1 \text{ Kwh}}{3.6 \times 10^6 \text{ j}} = 1,31 \text{ Kwh}$$

Como se requiere en un t=45 mins, que equivale a 0.75 h

$$Kw = \frac{E(\text{Kwh})}{t}$$

Calculo de potencia de la resistencia en Kw:

$$Kw = \frac{1.31 \text{ kwh}}{0.75 \text{ h}} = 1,75 \text{ kw}$$

Considerando perdidas debido a que la resistencia calefactora no está en contacto directo con el fluido, sino por fuera del contenedor principal, además del tamaño de la misma no cubre en su totalidad el recipiente, se multiplica por un 25% de su valor de potencia requerida

$$Pr = 1.75 * 1.25 = 2.2 \text{ kw}$$

Se determinó que se requiere una resistencia con una potencia de 2400w, como los valores nominales de resistencias de acuerdo a fabricantes existen de 2000w, 2500w, se tomó el valor nominal inmediato superior de fabricación.

La resistencia que se uso es del tipo abrazadera con las siguientes características

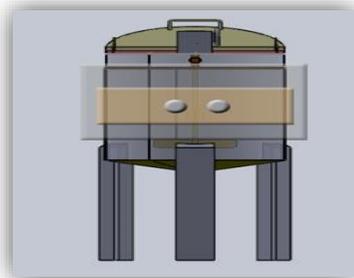
Diámetro Interno = 42cm

Potencia = 2500w

Longitud = 20 cm

Voltaje = 220vca

En la figura 13-2 se muestra las resistencias del tipo abrazadera, de igual modo en la 14-2 se muestra la ubicación de la misma en el sistema.



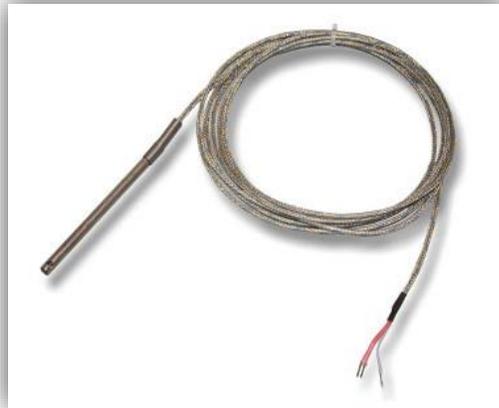
**Figura 15-2 Diseño de ubicación de resistencia.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

## Diseño de circuito de control de temperatura.

Con la resistencia dimensionada, se procede al diseño del circuito de control.

### A. Sensor de Temperatura:

Se utilizó el sensor PT100 de la figura 15-2, ya que el sistema trabaja a bajas temperaturas.

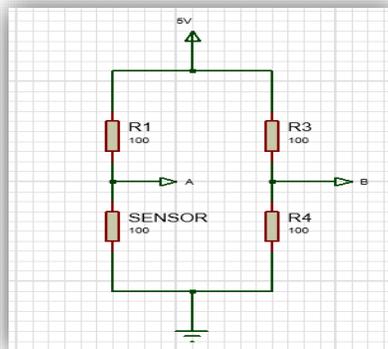


**Figura 16-2 Sensor de Temperatura PT100.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Se adjuntó la hoja de datos del PT100 en el anexo F.

### B. Acondicionamiento de la señal

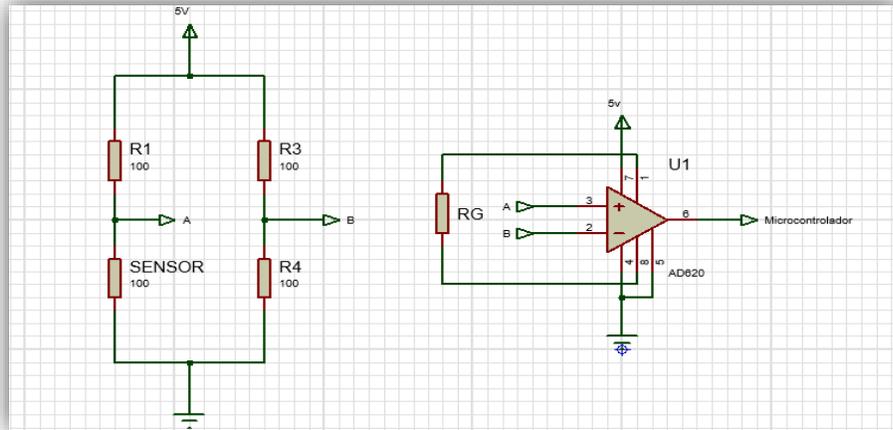
Como el sensor es básicamente una resistencia, su acondicionamiento de la señal se lo realizo mediante el Puento de Wheanstone como se muestra en la figura 16-2.



**Figura 17-2 Puento de Wheanstone.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Donde R1, R3 y R4 con resistencias fijas de 100ohm cada una, y la R restante es el Sensor PT100

Posteriormente la salida del puente de Wheanstone ingresa a un amplificador de instrumentación AD620, tal y como se muestra en la figura 17-2, porque la señal de salida está en orden de los mil voltios, y para un mejor proceso y control de datos es recomendable amplificarla.



**Figura 18-2 Puente de Wheanstone y Amplificador de Instrumentación.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### C. Cálculos de Ganancia del amplificador de instrumentación

Como la variación de resistencia del sensor es lineal al cambio de temperatura, no es necesario ningún proceso de liberalización de la señal del mismo. tal y como se ve en los datos de la figura 18-2.

Pt 100 ohms	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41	
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29	
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16	
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86	
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..

**Figura 19-2 Variación de resistencia del sensor de acuerdo a °C.**  
Fuente (PT100 Datasheet 2011, [www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf](http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf))

Mediante ley de Ohm se puede determinar la variación de voltaje que existirá cuando el sensor llegue a los 50 °C de temperatura, lo cual se detalla en la tabla 7-2.

**Tabla 7-2:** Voltaje en puntos A y B del puente

° C	Resistencia (OHM)	VA (volts)	VB (volts)
0	100	2,5	2,5
10	103.9	2,54	2,5
20	107.79	2,59	2,5
30	111.67	2,63	2,5
40	115.54	2,68	2,5
50	119.4	2,72	2,5

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

Internamente el amplificador de instrumentación realiza la resta de los voltajes de entrada, y lo multiplica por una ganancia previamente asignada

$$V(A - B) = V_A - V_B = 2.72 \text{ v} - 2.5 \text{ v} = 0.22 \text{ V}$$

Como el amplificador se alimenta con 5v la ganancia que se multiplique a  $V(A - B)$  no debe superar este valor de voltaje, por ello se definió una ganancia de  $G = 20$  veces, con este valor de ganancia se procede al cálculo de la resistencia de Ganancia del amplificador. En la tabla 8-2 se observa el valor de Voltaje de salida del amplificador.

$$R_g = \frac{49400 \text{ ohm}}{G - 1} = \frac{49400 \text{ ohm}}{20 - 1} = 2600 \text{ ohm}$$

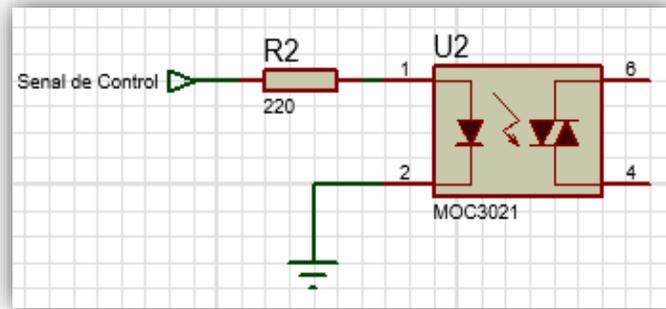
**Tabla 8-2:** Voltaje en la salida del amplificador.

° C	Resistencia (OHM)	Ventrada Amplificador	V salida Amplificador
0	100	0	0
10	103.9	0,04	0,8
20	107.79	0,09	1,8
30	111.67	0,13	2,6
40	115.54	0,18	3,6
50	119.4	0,22	4,4

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

#### D. Circuito de Potencia

**Opto acoplamiento:** Nos sirve para separar los circuitos de control y los circuitos de potencia. Se utilizó el opto acoplador MOC 3021 tal y como se muestra en la figura 19-2.



**Figura 20-2 Opto acoplamiento Circuito Temperatura.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### E. Relee de Estado Solido (SSR)

Calculo de corriente

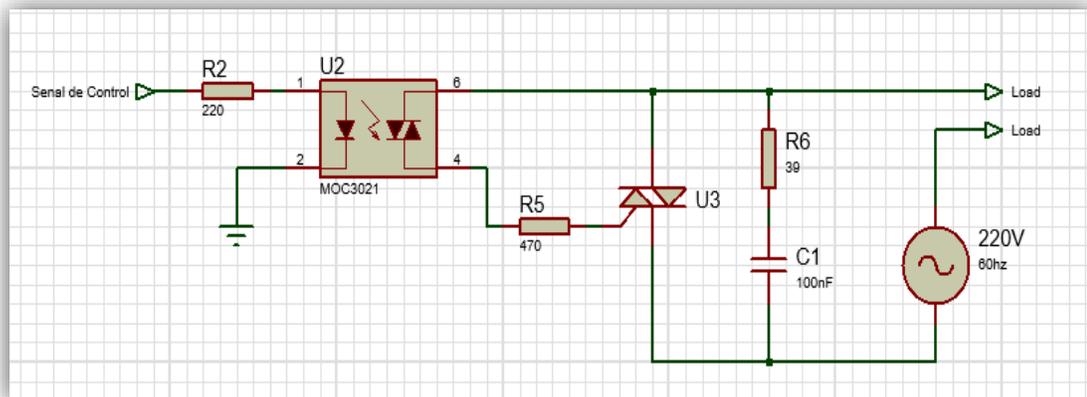
Datos:

$$P=2500w \quad ; \quad V = 220$$

$$P = V * I$$

$$I = P / V = 2500 w / 220 v = 11.36 A$$

De acuerdo a los cálculos se debe usar un TRIAC que soporte 11.36 amperios en adelante, el circuito del SSR se muestra en la figura 20-2.



**Figura 21-2 Circuito para control de resistencia.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

#### 2.2.2.5. Cálculo de potencia consumida por el sistema

Para el cálculo de la potencia total consumida por el sistema, se empezó por el censo de carga del mismo lo cual se detalla en la tabla 9-2.

**Tabla 9-2** Censo de Carga.

<b>Censo de Carga</b>		
<b>Cant</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia (W)</b>
1	Fuente 24v	110
1	Niquelina	2500
3	Electroválvulas H.	66
1	Electroválvula N.	20
2	Luces Piloto	20
1	PLC	10
	<b>Total</b>	<b>2726</b>

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

**F. Calculo de Corriente del sistema**

$$V = 220 \text{ VCA} ; \quad P = 2726 \text{ w}$$

$$I = P / V = 2726 / 220$$

$$I = 12.39 \text{ A}$$

2.2.2.6. *Dimensionamiento del conductor*

Por seguridad se dividió el circuito en 2 partes, la una corresponde únicamente a la niquelina y la otra parte al circuito restante, tal y como se muestra en la tabla 10-2.

**Tabla 10-2:** Consumo por partes.

Nombre	Potencia (W)	Corriente (A)	Corriente Final (A)
Niquelina	2500	11.36	14.2
<b>Circuito</b>	246	1.11	1.38

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

La corriente final viene dada por la corriente de consumo calculada agregándole un 25% de protección.

A continuación, en la figura 21-2, se muestra la capacidad de amperaje a soportar de acuerdo al calibre del conductor del tipo TW.

Calibre AWG ó MCM	Sección mm <sup>2</sup>	FORMACION	ESP ESOR AISLAMIENTO mm	DIAMETRO EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
		No. de Hilos por diámetro en mm.				Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.52	1 x 0.813	0.76	2.33	9.81	6	7	TF	A,E
18	0.82	1 x 1,02	0.76	2.54	13.16	6	7	TF	A,E
16	1.31	1 x 1,29	0.76	2.81	18.10	10	8	TF	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.76	3.15	26.10	20	15	TW	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.76	3.57	38.30	25	20	TW	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.76	4.11	57.40	40	30	TW	A,D
8	8.34	1 x 3,26	1.14	5.54	95.20	60	40	TW	A,B

**Figura 22-2 Calibre de conductores.**

Fuente:(Disensa 2013, disensa.com/main/images/pdf/electro\_cables.pdf).

De acuerdo a los cálculos previamente realizados se utilizó los siguientes conductores detallados en la tabla 11-2.

**Tabla 11-2** Calibre de conductor seleccionado.

Nombre	Corriente	Calibre Elegido
Niquelina	14.2	14 AWG
Circuito	1.38	18 AWG

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

#### 2.2.2.7. Dimensionamiento de Protección

Los valores nominales de Breakers Bipolares parten desde los 10 amperios en adelante. Además, se considera el valor inmediato superior al amperaje del conductor previamente dimensionado.

Los breakers usados se describen en la tabla 12-2, y son del tipo como se muestra en la figura 22-2.

**Tabla 12-2:** Capacidad de Breaker de protección.

Nombre	Corriente	Breaker (A)
Niquelina	14.2	20
Circuito	1.38	10

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

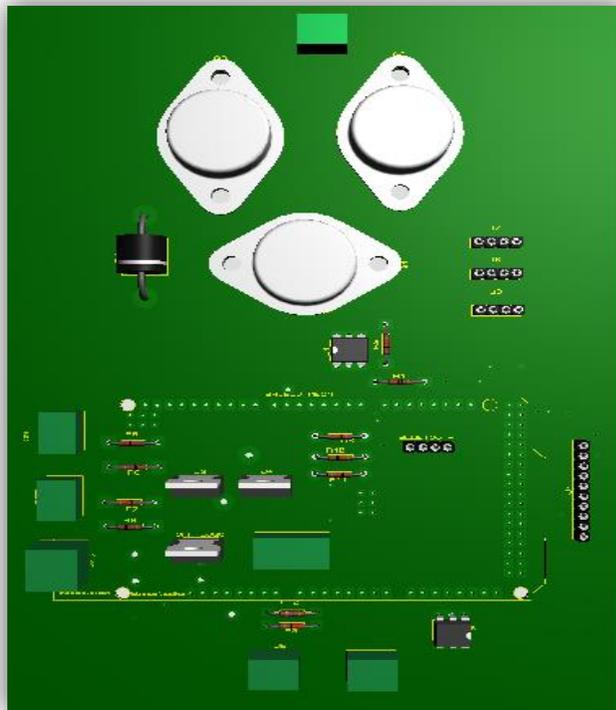


**Figura 23-2 Breaker Bipolar.**

Fuente: (Cominsar 2012, <http://www.cominsard.com/product/breaker-americano-2-polos>).

#### 2.2.2.8. *Diseño de PCB*

Los diseños electrónicos antes descritos como el control de velocidad del motor, el control de temperatura fueron montados sobre una placa de circuito impreso diseñado bajo el software Ares Proteus Professional v 8.4, el cual se muestra en la figura 23-2.



**Figura 24-2 Diseño PCB.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

## 2.3. Diseño de Software del Sistema

En este apartado se detalla cómo se realizó el control por software del sistema.

### 2.3.1. Descripción de Funcionamiento del Sistema

El sistema posee dos modos de operación un Manual y Automático que puede ser elegido y operado desde la Interfaz de Usuario (HMI).

#### 2.3.1.1. Modo Manual

##### Panel Manual

En el HMI presionar el botón “Manual” en la pestaña principal para acceder al modo manual, donde se muestra una interfaz tal cual mostrada en la figura 24-2

En este modo el operario tiene el control del sistema en su totalidad, donde las cantidades a mezclar, las velocidades de agitación son decididas por el mismo, así como también si desea drenar el producto mezclado.

Por cuestiones de seguridad no se habilito el calefactor del sistema en el modo manual.



**Figura 25-2 Modo Manual HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### 2.3.1.2. Modo Automático

#### Panel de Variables

El sistema por defecto ingresa al modo automático, al Panel de Variables, refiérase a la figura 25-2. Aquí el usuario configura como desea que el sistema desarrolle un proceso de mezcla para su funcionamiento automático, donde se configura cantidades a mezclar, tiempos, temperatura del sistema que se irán detallando a continuación.

El operario elige las cantidades a mezclar de acuerdo a las cantidades disponibles en los contenedores primarios, siempre y cuando la suma de las cantidades a mezclar no exceda los 60 L de capacidad del contenedor principal.

De igual modo se elige entre tres tipos de velocidades de mezcla: Lenta, Normal y Rápida.



**Figura 26-2 Modo Automático Ingreso de Variables HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

A partir de aquí el operario dispone de dos modos de mezcla:

- A. **Mezcla por Tiempo:** En este modo como se muestra en la figura 26-2, se ingresa la cantidad de tiempo en minutos por el que se desea que el sistema realice la mezcla, con un máximo de 59 minutos.



**Figura 27-2 Tiempo HMI.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

- B. **Mezcla por Temperatura:** En este modo el sistema mezcla mientras alcanza la temperatura requerida y se establece en ella, refiérase a la figura 27-2.



**Figura 28-2 Temperatura HMI.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### 2.3.1.3. Errores Modo Automático

El sistema cuenta con identificación de errores entre los cuales tenemos:

A. **Error en cantidades de mezcla:** El error de la figura 28-2, se presenta cuando en los datos ingresados a mezclar sobrepasan los valores disponibles en los contenedores primarios del sistema.



**Figura 29-2 Error Cantidades de mezcla HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

B. **Error en Suma de cantidades a mezclar:** El error de la figura 29-2, se presenta cuando se excede los 60 litros de la capacidad del contenedor principal.



**Figura 30-2 Error Suma de Cantidades de mezcla HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

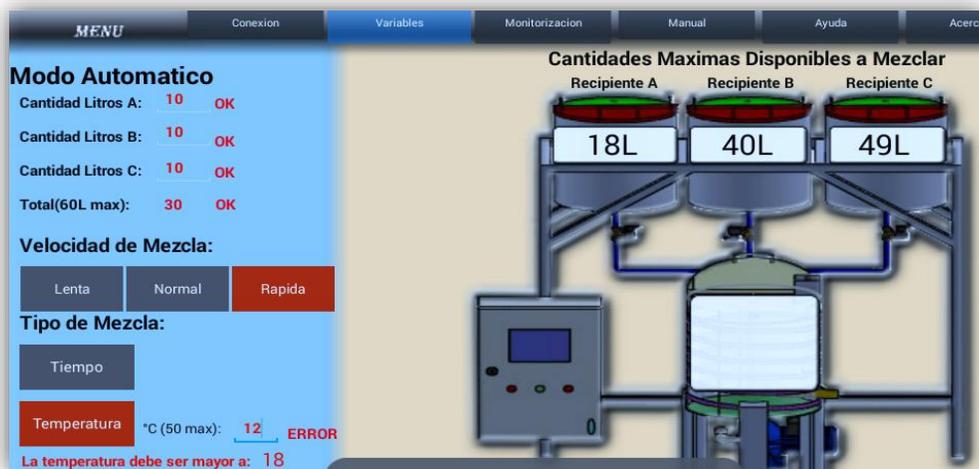
C. **Error en tiempo de mezcla:** Como se mencionó anteriormente el sistema no permite más de 59 minutos de mezcla, en caso de sobrepasar este límite se da el error, tal como se muestra en la figura 30-2.



**Figura 31-2 Error tiempo de mezcla HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

- D. **Error en la temperatura ingresada:** Este error se da por dos razones, una es que la temperatura que desea alcanzar es menor a la temperatura actual del sistema, es decir el sistema no está en capacidad de enfriar, solo de calentar. El otro error de la figura 31-2, se da porque se excede el límite que el sistema es capaz de alcanzar como es los 50 °C.

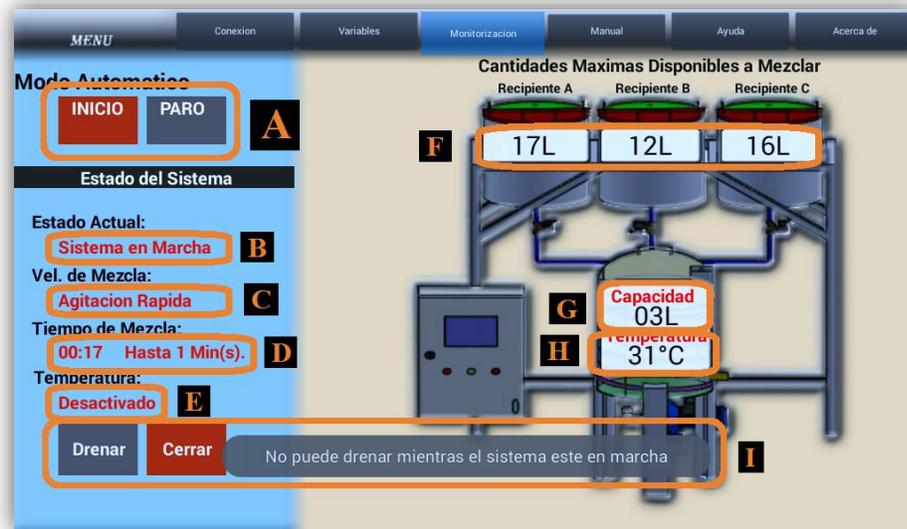


**Figura 32-2 Error temperatura de mezcla HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

En cualquiera de estos errores previamente descritos el sistema no ingresa los datos, y se deberá corregirlos para poder continuar.

Cuando los datos ingresados se verifiquen y sean correctos son ingresados automáticamente y el sistema accede hacia el Panel de Monitorización de la figura 32-2, de manera automática.



**Figura 33-2 Panel de Monitorización HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

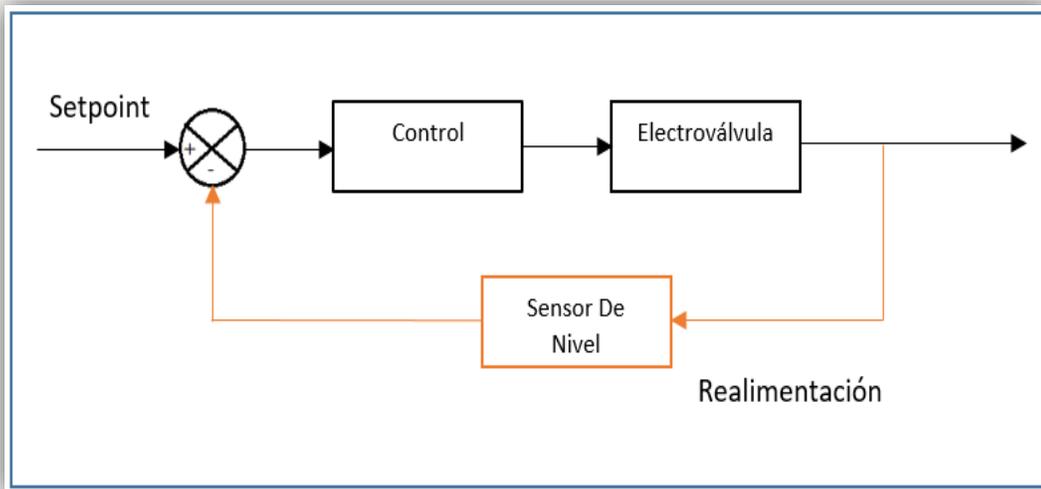
- A. Indicadores de Inicio y Paro que se encienden según el estado del mismo.
- B. Indicador de texto si el sistema está detenido o en marcha.
- C. Velocidad de agitación de mezcla
- D. Cronometro en minutos y segundos, cuando el proceso se configuro por tiempo. De no ser así muestra un mensaje de “Desactivado”.
- E. Temperatura, cuando el proceso fue configurado por temperatura. De no ser así muestra un mensaje de “Desactivado”.
- F. Nos muestra las cantidades que dispone cada contendor primario
- G. Nos muestra la cantidad de mezcla en el proceso actual.
- H. Nos muestra la temperatura del sistema
- I. Por último, dispone de botones de drenaje en caso que se desee sacar el producto, los cuales están disponibles solo cuando el sistema está detenido caso contrario no muestra un mensaje de error.

### 2.3.2. Programador Lógico Controlado (PLC).

Como se mencionó anteriormente el sistema está siendo controlado por un PLC.

### 2.3.2.1. Sistema de Control Lazo Cerrado

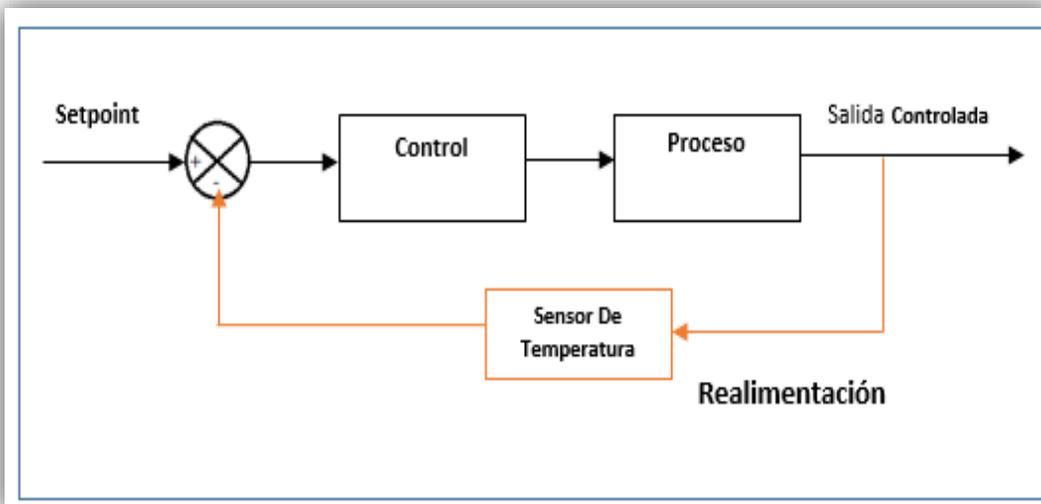
Son sistemas en los cuales la señal de salida del sistema se compara continuamente con la señal de referencia o Setpoint, lo que permite una mejor estabilidad ante perturbaciones. El sistema de control diseñado en el sistema para el llenado se muestra en la figura 33-2.



**Figura 34-2 Control Encendido/Apagado de Llenado.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

A continuación en la figura 34-2 se muestra el sistema de control de temperatura.



**Figura 35-2 Control de Temperatura.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

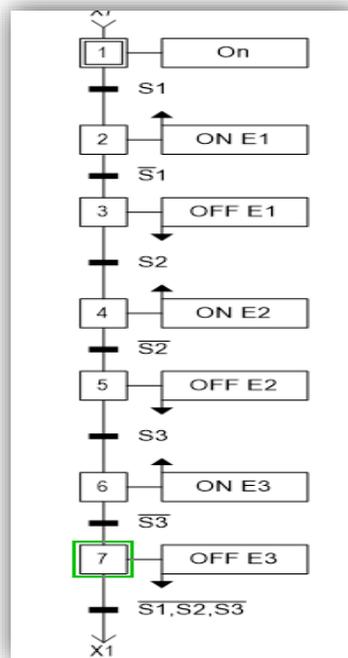
### 2.3.2.2. Descripción del programa del PLC

Para la programación del Controlador Lógico se lo realizó mediante el software EMSconfig, el cual nos permite programar el controlador en tipo función de bloques.

#### Pasos del Programa.

1. Al presionar el Pulsador ON en el tablero se enciende el indicador piloto Verde, y el proceso arranca.
2. La señal S1 viene desde el HMI, la cual indica que debe abrir la electroválvula de llenado 1
3. Al cumplirse las condiciones de proceso niegan a S1, y la electroválvula 1 se cierra.
4. De igual modo S2 viene desde el HMI, lo cual abre la electroválvula 2
5. S2 negado cierra la electroválvula 2.
6. S3 abre la electroválvula 3 de llenado.
7. S3 negado cierra la electroválvula 3.
8. Al presionar Paro el sistema se detiene.

#### Grafcet:



**Figura 36-2 Grafcet PLC.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### 2.3.3. *Microcontrolador Arduino.*

El microcontrolador Arduino es el puente de comunicación entre el PLC y la Interfaz de Usuario, está encargado de recibir los datos del PLC mediante comunicación serial, y enviarlos mediante tecnología inalámbrica bluetooth al HMI y viceversa.

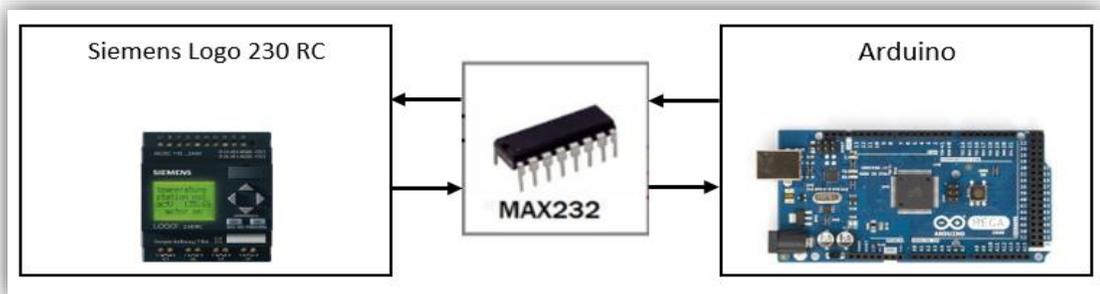
Arduino es una plataforma Open Source, y presenta un IDE sencilla de programación.

El sistema está basado en un Arduino Mega 2560 R3, el cual es el encargado de generar una señal PWM, una que sirve para controlar la velocidad del agitador del contenedor principal, y una señal de Control para el sistema de temperatura.

La programación completa del programa se adjunta en el anexo G.

### 2.3.4. *Comunicación Serial.*

La comunicación serial entre PLC y Arduino se la realizo mediante el protocolo RS232, que es el más común de usar, y se detalla en la figura 36-2.



**Figura 37-2 Comunicación PLC Arduino.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### Niveles de Voltaje para comunicación RS 232 Y TTL

Los niveles de voltaje se describen en la figura 37-2.

	Nivel Lógico "1" (Marca)	Nivel Lógico "0" (Espacio)
TTL	5V	0
Lazo 20 mA	20 mA	0 mA
RS 232C	-3V a -15V	+3V a +15V

**Figura 38-2 Niveles de Voltaje.**

Fuente (2012, <http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm#rs232>)

## Comunicación RS232

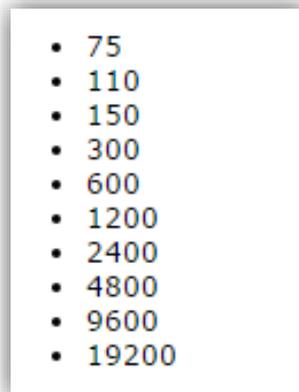
Es un tipo de comunicación que puede ser síncrona o asíncrona, para su comunicación de debe codificar de la siguiente manera.

- A. **Sincronización de bits:** Se utiliza para conocer cuando empezó y termino la comunicación.
- B. **Sincronización de Carácter:** Como se trata de una comunicación serial, esta se trasmite bit a bit, pero con sentido o definiendo sus palabras o bytes.
- C. **Sincronización de mensaje:** Una vez definido palabras o bytes es necesario conocer el inicio y fin de la cadena, y así poder detectar errores.

## Velocidad de Trasmisión

La velocidad en este tipo de protocolo se mide en bits por segundo o más conocido como “Baudio”, esta velocidad queda definida por el reloj del trasmisor y elementos externos al circuito como ruido, ancho de banda y potencia de señal.

Los estándares de velocidad “Baudios” se describen en la figura 38-2.



**Figura 39-2 Vel. de Trasmisión.**

Fuente (2012, <http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm#rs232>)

### 2.3.5. *Comunicación Bluetooth*

La tecnología Bluetooth es una red inalámbrica que permite el intercambio de datos entre dos dispositivos mediante enlaces de radiofrecuencia establecida a 2.4GHz, permitiendo así comunicaciones libres de conectores y cables.

En el presente proyecto se utilizó del módulo bluetooth ZS040, como el de la figura 39-2, conectado como master, a una velocidad de 9600 baudios.



**Figura 40-2 Modulo Bluetooth ZS040.**

Fuente (2013, <http://www.martyncurrey.com/arduino-and-hc-06-zs-040/>)

El Arduino envía una cadena de caracteres hacia el HMI, donde contiene los valores de los sensores y de igual modo el HMI envía caracteres de control hacia el Arduino

La cadena que se envía desde el Arduino hacia el HMI tiene la siguiente forma:

**#estado+Sensor1+Sensor2+Sensor3+temp~**

Donde:

- **Estado:** indica si el sistema está en Inicio o Detenido.
- **Sensor1:** El valor en litros del contenedor primario 1
- **Sensor2:** El valor en litros del contenedor primario 2.
- **Sensor3:** El valor en litros del contenedor primario 3.
- **Temp:** Indica el valor de la temperatura del sistema.

### 2.3.6. Programación HMI

La Interfaz de usuario fue desarrollada en la IDE de Android Studio bajo lenguaje Java, instalada en un dispositivo Android y que se comunica de forma inalámbrica con el sistema mediante bluetooth.

### 2.3.6.1. *Android Studio*

Es un IDE desarrollado por Google que trabaja en la plataforma Android, donde permite desarrollar aplicación para dispositivos con este sistema operativo.

Gracias a su consola de desarrollador en tiempo real nos permite ver consejos de optimización, estadísticas de uso de la aplicación y detectar errores que ocurran durante la ejecución de la misma.

La aplicación fue desarrollada para dispositivos que soporten Android 4.0.X o superior



**Figura 41-2 Logo de Android Studio.**

Fuente (<http://www.phonearena.com>)

### 2.3.6.2. *Desarrollo y Programación de la Interfaz*

En esta parte de detalla cómo se programó el HMI, en la figura 41-2 se muestra la conexión del HMI al sistema.



**Figura 42-2 Pantalla de Conexión HMI.**

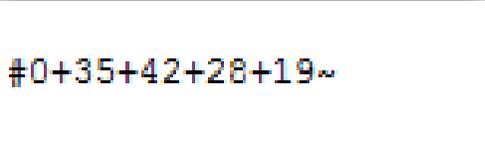
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

Al iniciar la aplicación nos muestra una pantalla de para establecer conexión con el sistema, simplemente seleccionar “HC-05”, y la conexión será automática.

Si por alguna razón se cambió el modulo bluetooth del sistema de debe vincular de nuevo el nuevo módulo bluetooth al dispositivo Android para que aparezca en la lista de dispositivos.

### 2.3.6.3. *Recepción y descomposición de datos*

Arduino envía los datos, el bit de inicio de la cadena es el símbolo “#”, el bit de paro es “~”, y entre cada valor recibido existe una separación con el símbolo “+”, como se muestra en la figura 42-2.



#0+35+42+28+19~

**Figura 43-2 Cadena de datos HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

Primero se identifica si el dato recibido corresponde al bit de inicio de la cadena, si corresponde se descompone la cadena recibida en subcadenas de caracteres de acuerdo a la posición en el vector recibido, y posteriormente se muestra en los widgets “TextView”, según corresponda el valor.

Cuando el bit recibido es “~” indica que la cadena termino y procede a limpiar los datos que quedan

```
if (recDataString.charAt(0) == '#')
{
    String sensor0 = recDataString.substring(3, 5);
    String sensor1 = recDataString.substring(6, 8);
    String sensor2 = recDataString.substring(9, 11);
    String sensor4 = recDataString.substring(12, 14);
    sensorView0.setText(sensor4);
    sensorView2.setText(" " + sensor2 + "L");
    sensorView3.setText(" " + sensor1 + "L");
    sensorView4.setText(" " + sensor0 + "L");
    s0=sensor0;
    s1=sensor1;
    s2=sensor2;
    s3=sensor4;
}
recDataString.delete(0, recDataString.length());
```

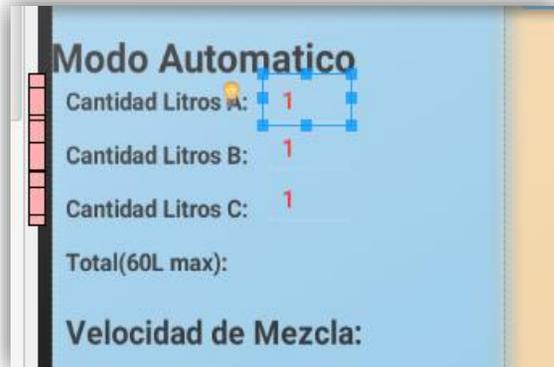
**Figura 44-2 Descomposición de Cadena de datos HMI.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

#### 2.3.6.4. *Procesamiento de datos*

Una vez que se tiene los datos separados y guardados en variables del tipo “String”, se continua con el proceso de los mismos.

El panel de variables posee widgets del tipo “Textedit” que permiten ingresar datos al HMI, estos datos son del tipo “String”.



**Figura 45-2 Widget Textedit HMI.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

```
//string de lo que deseo llenar
numA = ina.getText().toString();
numB = inb.getText().toString();
numC = inc.getText().toString();
numT = intemp.getText().toString();
numtiempo = intempomin.getText().toString();

//interos de lo que deseo llenar
nuA=Integer.parseInt(numA);
nuB=Integer.parseInt(numB);
nuC=Integer.parseInt(numC);
nuT=Integer.parseInt(numT);
nutiempo= Integer.parseInt(numtiempo);
```

**Figura 46-2 Conversión de datos.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

El procesamiento de datos se da al presionar el botón “Ingresar Datos”, se obtiene el dato y se guarda en un variable del tipo “String”, luego se convierte a un dato del tipo “Entero”, de este modo se facilita el proceso de los mismos.

Se realiza las comparaciones para el proceso automático y de acuerdo a ello se muestra un mensaje “Error” o un “OK”, descritos anteriormente.

```
if (nuC <= rc )
{
    validC.setText("OK");
    cc=1;
}

if (nuC > rc )
{
    validC.setText("Insuficiente");
    cc=0;
}
```

**Figura 47-2 Comparaciones.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

En la imagen 49-2 se muestra un ejemplo de comparación entre el valor requerido ingresado de fluido del contenedor 3 y el valor que posee el contenedor, las comparaciones se hacen de la misma manera para los datos ingresados.

Para el intercambio de pestañas en el HMI se creó la función `Selectar` como se muestra en la figura 50-2. En la figura 51-2 se muestra un ejemplo de programación de los botones en la pestaña principal.

```
private void seleccionar()
{
    if (pest==1)
    {variables();}
    if (pest== 0)
    {moni();}
    if (pest== 2)
    {prueba();}
    if (pest== 3)
    {ayudal();}
    if (pest== 4)
    {acerca();}
}
```

```
btnayuda2.setOnClickListener((v) -> {
    //mConnectedThread.write("L");
    //Toast.makeText(getApplicationContext(),
    pest=3;
    seleccionar();
});
```

**Figura 49-2 Cambio de Pestaña.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

**Figura 48-2 Función Selectar.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

En el Modo Manual se envía caracteres para el control del sistema, y para ello, él envió de datos se creó la función “`mConnectedThread.write`”, que a su vez utiliza las funciones `InputStream` y `OutputStream` que son capaces de gestionar el hardware bluetooth del dispositivo las cuales nos permiten enviar y recibir datos, como se aprecia en la figura 53-2.

En la figura 52-2 se observa uno de los botones del Modo Manual, como está programado para el envío de un carácter hacia el microcontrolador Arduino.

```
btnabrire1.setOnClickListener((v) -> {
    mConnectedThread.write("T");
    btnabrire1.setBackgroundColor(0xFFB4280E);
    btncerrare1.setBackgroundColor(0xFF4F5057);
    esta.setText("Abierto");
});
```

**Figura 50-2 Envío de carácter.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

```

private class ConnectedThread extends Thread {
    private final InputStream mmInStream;
    private final OutputStream mmOutStream;

    public ConnectedThread(BluetoothSocket socket) {
        InputStream tmpIn = null;
        OutputStream tmpOut = null;

        try
        {
            tmpIn = socket.getInputStream();
            tmpOut = socket.getOutputStream();
        } catch (IOException e) { }

        mmInStream = tmpIn;
        mmOutStream = tmpOut;
    }

    public void run() {...}

    public void write(String input) {...}
}
}

```

**Figura 51-2 Función ConnectedThread.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

La programación completa del HMI se adjunta en el anexo H.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo tiene como objetivo analizar y detallar el sistema implementado. Para esto se realizó diferentes pruebas de campo, comprobando exactitud de cantidades, de tiempos de agitación, temperatura del producto, etc.

#### 3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.

El sistema de mezclado se divide en:

- Sistema mecánico.
- Sistema electrónico.

##### 3.1.1. *Sistema Mecánico*

El sistema mecánico el cual está conformado el proyecto consta de estructura base, contenedores primarios y principal, paletas de agitación, electroválvulas de paso y está construido en su totalidad en Acero Inox. 304 que nos garantiza la inocuidad de los productos.

##### 3.1.1.1. *Mezclado de los componentes en la preparación de bebidas.*

Un fluido líquido es toda sustancia que posee la capacidad de desplazarse y que cede instantáneamente al ser sometido a cualquier fuerza sin importar su magnitud, sin comprimirse o perder volumen, tomando la forma del recipiente que la contiene.

Existen dos tipos de fluidos Newtonianos y No Newtonianos, los cuales se habló en el capítulo 1 en el apartado 1.5.1.1. La mayor parte de los fluidos alimenticios tiene un comportamiento No Newtoniano, es por lo que las mezcladoras utilizadas deben permitir una mezcla intensa de los componentes sin sobrecargar el motor ya que esto reducirá la eficacia del mezclado. (Mezcla de fluidos para alimentos, (2013). [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uam/mlci/mezclado\\_fluidos.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uam/mlci/mezclado_fluidos.pdf)).

Recordando que la viscosidad de un fluido es la resistencia que presenta a deformaciones, los sistemas de mezcla se clasifican en dos grupos de acuerdo a su viscosidad.



**Figura 1-3 Sistemas de Mezclado según la viscosidad de fluido.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

#### 3.1.1.2. *Tipos de Agitadores para Sistemas de media y baja Viscosidad.*

Para sistemas de agitación de líquidos de media y baja viscosidad se utilizan básicamente 3 tipos de sistemas

- Mezcladora de paletas.
- Mezcladora de Hélice.
- Mezcladora de Turbinas.

#### **Agitador más adecuado para el sistema.**

Para la selección del agitador más adecuado del sistema, se tomó en cuenta las características propias de cada agitador descritas en el capítulo 1, en el apartado 1.5.2.1, y se las organizo en seis tipos de indicadores, que se describen a continuación.

- Velocidad de mezcla del producto.
- Costo para implementar el sistema.
- Tipo de fluido de acuerdo a su viscosidad.
- Tamaño del contenedor de mezcla.
- Trasmisión de calor.
- Formación de vórtices durante la mezcla.

A continuación, en la tabla 1-3 detalla los indicadores anteriormente mencionados que se toma en cuenta para describir cada uno de los tipos de agitadores.

**Tabla 1-3:** Indicadores de agitadores.

Indicador Agitador	Velocidad (RPM)	Costo	Tipo de fluido	Tamaño de contenedor	Trasmisión de Calor	Vórtices
Paletas	Baja 20 a 150	Bajo	Baja y Media Viscosidad	Pequeño	Alto	Medio
Hélice	Alta 1150 a 1750	Medio	Baja viscosidad	Grande	Bajo	Alto
Turbina	Media 150 a 500	Alto	Alta viscosidad	Grande	Medio	Bajo

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Es necesario conocer los parámetros iniciales que el sistema requiere para comparar estos datos con las opciones de agitadores:

- Contenedor principal del mezclador: Pequeño.
- Velocidad Agitador 0 a 150 RPM.
- Viscosidad de fluido baja.
- Trasmisión de calor: Alta.
- Generación de vórtices: baja.

Para una mejor elección del agitador, se asignó valores de ponderación a las diferentes opciones. De acuerdo a los indicadores anteriormente descritos tomando en cuenta que entre más alto el valor es la mejor opción para este caso, la asignación de ponderaciones para cada tipo de agitador se describe en tabla 2-3

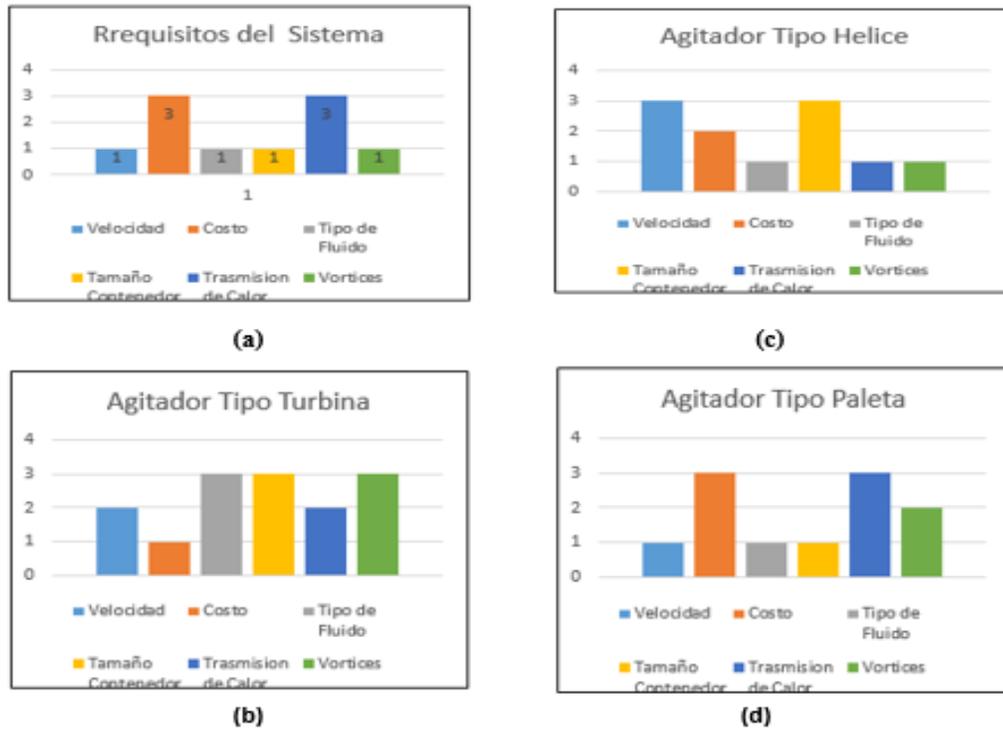
**Tabla 2-3:** Valores de ponderación de agitador.

Indicador Agitador	Velocidad	Costo	Tipo de fluido	Tamaño de contenedor	Trasmisión de Calor	Vórtices
Paletas	1	3	2	1	3	2
Hélice	3	2	1	3	1	1
Turbina	2	1	3	3	2	3
Requisitos Sistema	1	3	1	1	3	3

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

## Comparación entre los requerimientos y opciones de agitadores

En la figura 2-3, se muestra los valores cuantificados de los indicadores para ver de una manera más sencilla cual agitador se ajusta al requerimiento del sistema.



**Figura 2-3 Indicadores Cuantificados agitadores.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

En la figura 2-3(a), muestra el requerimiento del sistema, mientras que las figuras, 2-3(b), 2-3(c) y 2-3(d) muestran cada uno de las opciones.

De acuerdo a la figura 2-3 se determina que el agitador que se mas se ajusta a los requerimientos del sistema es el **agitador de paletas** figura 2-3(d), a pesar de una pequeña formación de vórtices en la mezcla, lo cual se corrige más adelante.

**3.1.1.3. *Diseño y construcción de un sistema de mezclado industrial de bebidas preparadas a través de metodologías contextualizadas para optimizar recursos económicos y técnicos.***

Debido a las características ya antes mencionadas se escogió el acero inoxidable de la familia 304 para la construcción de la máquina, como primer paso a tomar fue diseñar la estructura del mezclador en programas de tipo CAD (dibujo asistido por computador) en este caso **SOLIDWORKS**.

### **Sistema de transmisión.**

Se denomina transmisión al mecanismo encargado transferir potencia de un elemento motriz, con el objetivo de obtener un movimiento deseado en la salida.

Existen muchas opciones para la implementación del sistema de transmisión, donde se planteó tres opciones:

#### **Tipos de Sistemas de Trasmisión**

- **Transmisión directa:** Está compuesto de un motor incorporado en forma directa al eje del agitador.
- **Transmisión con reductor de velocidad:** Compuesto de un grupo de engranajes, con el que se consigue mantener la velocidad de salida en un régimen cercano a las requeridas.
- **Transmisión Reductor banda –polea:** Las transmisiones por banda, en su forma más sencilla, consta de una cinta colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (banda) trasmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio del rozamiento que surge entre la correa y las poleas. (Banda y Poleas. (2010). <https://docs.google.com/document>)

De igual modo, se tomó en cuenta los siguientes indicadores para encontrar la mejor opción que se ajusten al proceso.

- Pérdida de Potencia.
- Facilidad de Montaje.
- Costo.
- Preservación de Higiene que ofrece hacia el producto final.

Se registró los indicadores anteriormente mencionados en la tabla 3-3, de acuerdo a las opciones de sistemas de trasmisión.

**Tabla 3-3:** Indicadores de sistema de transmisión.

Indicador transmisión	Perdida Potencia	Montaje	Costo	Higiene
Directa	Alta	Fácil	Bajo	Alto
Reductor velocidad	Baja	Fácil	Medio	Alto
Banda- polea	Alta	Difícil	Alto	Bajo

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Es necesario conocer los parámetros iniciales que el sistema requiere para comparar estos datos con las opciones de los sistemas de transmisión.

- Perdida de Potencia: Baja.
- Costo: Bajo.
- Montaje: bajo.
- Preservación de la higiene: Alto

Se asignó valores de ponderación a las diferentes opciones, como se ve en la tabla 4-3.

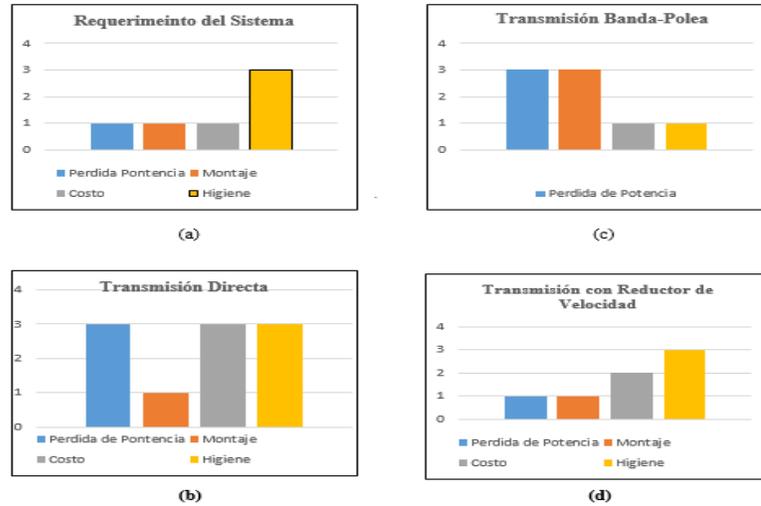
**Tabla 4-3:** Valores de ponderación de sistemas de transmisión.

Indicador transmisión	Perdida de Potencia	Montaje	Costo	Higiene
Directa	3	1	3	3
Reductor velocidad	1	1	2	3
Banda -polea	3	3	1	1
Requisito Sistema	1	1	1	3

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### Comparación entre los requerimientos y opciones de sistemas de transmisión

Se muestra en la figura 3-3 los valores cuantificados de los indicadores para ver de una manera más sencilla cual sistema de transmisión se ajusta al requerimiento del sistema



**Figura 3-3 Indicadores Cuantificados Sistemas de trasmisión.**  
 Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

En la figura 3-3(a), muestra el requerimiento del sistema, mientras que las figuras, 3-3(b), 3-3(c) y 3-3(d) muestra cada uno de las opciones.

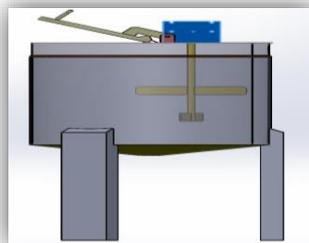
El análisis de la figura 3-3 determina que la mejor opción que se ajusta a los requerimientos del sistema, la cual es la opción 3-3(d).

**Eliminación de Vórtices generados.**

Como se mencionó anteriormente, el sistema de agitación por paletas presenta una pequeña formación de vórtices que pueden provocar derrames, lo cual se eliminó del sistema.

Para superar estos inconvenientes se consideró 2 opciones disponibles:

- Colocando el agitador desplazado del eje central del tanque, un ejemplo claro se muestra en la figura 4-3.



**Figura 4-3 Agitador descentrado.**  
 Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016).

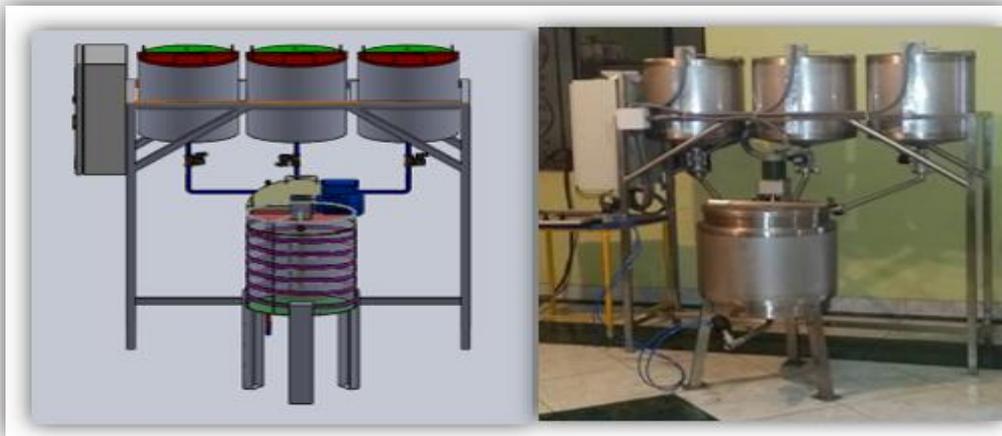
- Instalando placas deflectoras, la figura 5-3 muestra las placas deflectoras añadidas en el recipiente contenedor del líquido.



**Figura 5-3 Placas deflectoras.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Analizando estas opciones se toma la decisión de colocar el agitador desplazado del eje central del tanque debido a que es una solución sencilla, permitiendo ahorrar material y por ende el recurso económico, evitando en el mayor grado posible la formación de vórtices en la máquina.

La figura 6-3 visualiza el sistema diseñado en software CAD y el sistema real implementado.



**Figura 6-3 Sistema diseñado y sistema implementado.**  
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.1.2. *Sistema Electrónico.*

En esta parte se analizó el sistema electrónico implementado, donde se tendrá en cuenta la exactitud de cantidad y tiempos de ejecución del sistema.

### 3.2. Tiempos de Ejecución del proceso.

Se tomó datos en las pruebas de campo realizadas y se compararon con los datos calculados, a continuación, se detalla el proceso.

#### Cálculo del tamaño de la muestra.

Para el tamaño de la muestra se aplicó con la ecuación 3-1, que permite calcular la muestra para la estimación de una media poblacional

$$n = \frac{t^2(a/2, n-1) * S^2}{E^2} \quad Ec (3 - 1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra.

$t(a/2, n-1)$  = valor que pertenece a la distribución T-student, depende del nivel de confianza asignado y los grados de libertad. Se escogió esta distribución debido a que el tamaño de la muestra previas son menos a 45.

$S^2$  = Valor de la varianza de la muestra previa.

$E^2$  = Error máximo esperado.

En la tabla 5-3, se registraron las muestras previas que se usaron para el cálculo del tamaño de la muestra, y como se puede ver los datos son menores a 45.

**Tabla 5-3:** Muestras previas.

Contenedor 1		Contenedor 1		Contenedor 3		Principal	
Volumen (L)	Tiempo (segs)	Volumen (L)	Tiempo (segs)	Volumen (L)	Tiempo (segs)	Volumen (L)	Tiempo (segs)
50	103	50	102	50	104	70	335
50	105	50	104	50	105	70	335
50	105	50	103	50	104	70	336
50	104	50	104	50	104	70	335
50	105	50	103	50	104	70	333

(a)

(b)

(c)

(d)

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Aplicando la Ecuación 3-1, y los datos de las tablas 5-3(a), 5-3(b),5-3(c) se llegó a obtener los valores de la tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Tamaño de la muestra contenedores primarios.

	CONTENEDOR 1		CONTENEDOR 2		CONTENEDOR 3	
	Volumen (L)	Tiempo (Seg)	Volumen (L)	Tiempo (Seg)	Volumen (L)	Tiempo (Seg)
<b>MEDIA</b>	50,00	104,2	50	103,2	50	104,20
<b>VARIANZA</b>	0,000	0,7	0	0,7	0,00	0,2
<b>ERROR</b>	2		2		2	
<b>CONFIANZA</b>	0,01		0,01		0,01	
<b>T</b>	7,453318505		7,453318505		14,08904728	
<b>MUESTRAS</b>	<b>9,72</b>		<b>9,72</b>		<b>9,93</b>	

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

De acuerdo a los cálculos de la tabla 6-3, se determinó que las muestras a tomar son las siguientes.

- Contenedor 1: 9,72 ≈ 10 Muestras.
- Contenedor 2: 9,72 ≈ 10 Muestras.
- Contenedor 3: 9.93 ≈ 10 Muestras.

Como los contenedores son de 50 Litros de capacidad y el número de muestras es 10, el rango se define por la relación de la ecuación 3-2.

$$Rango = \frac{\text{capacidad}}{\# \text{ de muestras}} Ec (3 - 2)$$

$$Rango = \frac{50}{10} = 5$$

**Tabla 7-3:** Tamaño de la muestra contenedor principal.

	CONTENEDOR 1	
	Volumen (L)	Tiempo (Seg)
<b>MEDIA</b>	70,00	334,8
<b>VARIANZA</b>	0,000	1,2
<b>ERROR</b>	2	
<b>CONFIANZA</b>	0,01	
<b>T</b>	7,453318505	
<b>MUESTRAS</b>	15,47	

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

De acuerdo a los cálculos de la tabla 7-3, se determinó que el tamaño de la muestra en el contenedor principal es la siguiente.

➤ Contenedor Principal:  $15,47 \approx 15$  Muestras

De igual modo el rango se define por la relación de la ecuación 3-2.

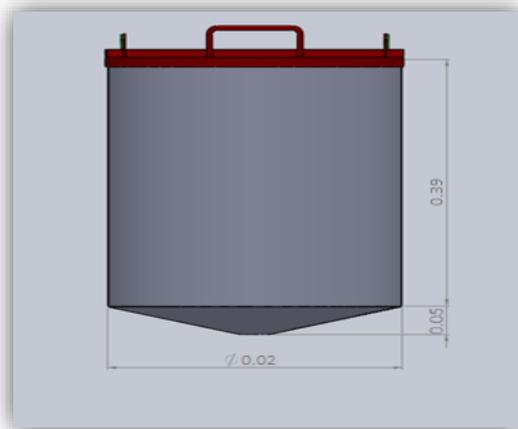
$$Rango = \frac{70}{15} = 4,66 \approx 5$$

Determinado el tamaño de la muestra, y el rango se procede con los cálculos de drenado y llenado que se detallan a continuación.

### 3.2.1. Cálculo de Tiempo de Llenado.

Ya con el tamaño de la muestra y el rango determinado, el paso siguiente fue calcular los tiempos que le toma a los contenedores primarios en vaciar su contenido hacia el contenedor principal, los mismos que se irán detallando a continuación.

Para este cálculo nos ayudamos de las dimensiones de los contenedores primarios mostrados en la figura 7-3.



**Figura 7-3 Dimensiones del contenedor primario.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Datos:

$$d = 0.025 \text{ m}$$

$$H_f = 0 \text{ m}$$

$$D = 0.39 \text{ m}$$

$$H_o = 0.39 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$C_o (\text{coef tubo corto}) = 0.7$$

Con la ecuación 3-3 se calculó el tiempo t que toma en vaciar los contenedores primarios.

**Ecuación de Bernoulli:**

$$t = \frac{2 D^2 (\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 * C_o * \sqrt{2 * g}} \text{ Ec(3 - 3)}$$

***t = 102 segs ≈ 1 mins con 42 segs***

**Donde:**

D= Diámetro de contenedor

d = Diámetro del orificio de salida

Ho = Altura del cilindro

Hf = Altura del fondo del recipiente

g = gravedad

Se calculó que el vaciado (50L a 0L) de los contenedores primarios toma un tiempo de 1 minuto con 42 segundos.

En la tabla 8-3 se obtiene los valores de tiempo t aplicando la ecuación 3-3, y con el tamaño de muestra y el rango previamente calculado en la tabla 6-3.

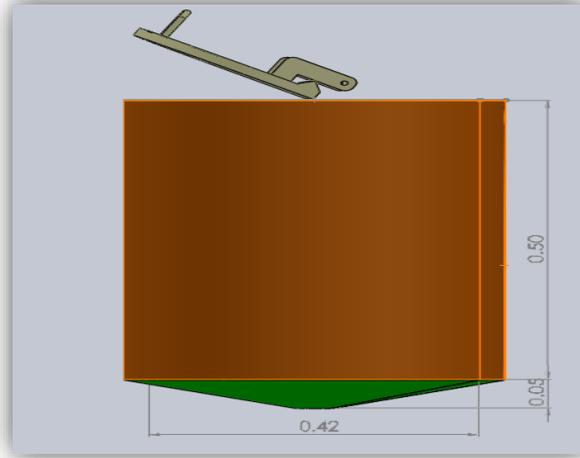
**Tabla 8-3:** Tiempo contenedor primario.

<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (Seg)</b>
50	102
45	96
40	91
35	85
30	79
25	72
20	64
15	56
10	45
5	32
0	0

**Realizado por:** Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.2.2. Cálculo de Tiempo de Drenado de Contenedor Principal.

De igual modo se realiza el cálculo del tiempo de drenado del contenedor principal para desalojar el producto, en la figura 8-3 se muestra las dimensiones del contenedor principal.



**Figura 8-3 Dimensiones del contenedor principal**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

#### Datos

$$d = 0.015 \text{ m}$$

$$H_o = 0.50 \text{ m}$$

$$H_f = 0 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$D = 0.42 \text{ m}$$

$$C_o (\text{coef sin tubo}) = 0.8$$

#### **Ecuación de Bernoulli:**

$$t = \frac{2 D^2 (\sqrt{H_o} - \sqrt{H_f})}{d^2 * C_o * \sqrt{2 * g}} = 333 \text{ segs} \approx 5 \text{ mins con } 33 \text{ segs}$$

De igual modo se empleó la ecuación 3-3 para obtener el valor de tiempo t, y se calculó que el vaciado (70L a 0L) del contenedor primario toma un tiempo de 5 minutos con 15 segundos.

Se procedió a calcular el tiempo de vaciado del contenedor principal detallado en la tabla 9-3, empleando la ecuación 3-3 variando el volumen del contenedor, con los cálculos realizados en la tabla 7-3 donde se obtuvo el número de muestras n igual a 15 y el rango igual a 5.

**Tabla 9-3:** Tiempo de drenado contenedor principal.

<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (Seg)</b>
70	333
65	312
60	294
55	279
50	268
45	252
40	238
35	222
30	206
25	180
20	161
15	139
10	111
5	70
0	0

**Realizado por:** Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### **3.2.3. Pruebas de campo y tiempos de ejecución del sistema.**

Después de haber realizado los cálculos se procedió a las respectivas pruebas de campo del sistema, y a comparar los valores obtenidos con los calculados.

#### **3.2.3.1. Tiempos de Llenado**

El llenado de los contenedores primarios hacia el contenedor principal el sistema lo realiza de manera simultánea lo que optimiza el tiempo de ejecución del mismo. El llenado se lo hace a través del control de las electroválvulas hidráulicas. En la tabla 10-3 se registraron los valores de tiempo obtenidos en las pruebas de campo realizadas, para cada uno de los contenedores primarios. Tomando en cuenta el número de muestras  $n$  igual 10 y el rango igual a 5 previamente calculado en la tabla 6-3.

**Tabla 10-3:** Pruebas de llenado

Contenedor 1		Contenedor 2		Contenedor 3	
Volumen L	Tiempo Seg	Volumen L	Tiempo Seg	Volumen L	Tiempo Seg
50	103	50	102	50	104
45	95	45	94	45	95
40	90	40	89	40	90
35	88	35	87	35	87
30	77	30	77	30	77
25	71	25	71	25	70
20	65	20	65	20	66
15	55	15	55	15	53
10	45	10	45	10	44
5	31	5	30	5	29
0	0	0	0	0	0

(a)

(b)

(c)

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

3.2.3.2. *Tiempos de Drenado.*

De igual modo se obtuvo los datos en las pruebas realizadas vaciando el contenedor principal, con el número de muestras  $n$  igual 15 y el rango igual a 5, calculados en la tabla 7-3, cuyos datos se registraron en la tabla 11-3.

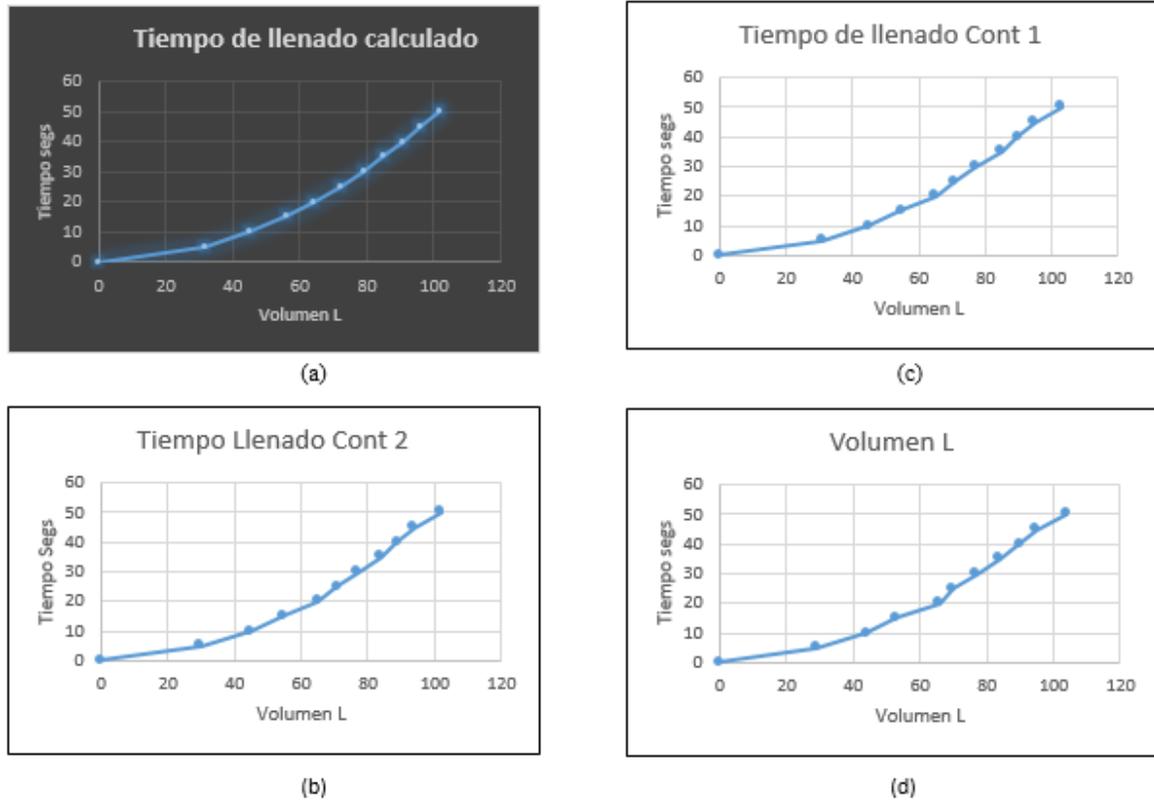
**Tabla 11-3** Pruebas de drenado.

Prueba 1	
Volumen L	Tiempo Seg
70	335
65	310
60	296
55	281
50	270
45	255
40	238

35	221
30	204
25	179
20	159
15	136
10	109
5	69
0	0

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.2.3.3. Comparación de Tiempos de llenado.



**Figura 9-3 Comparación tiempos de llenado.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

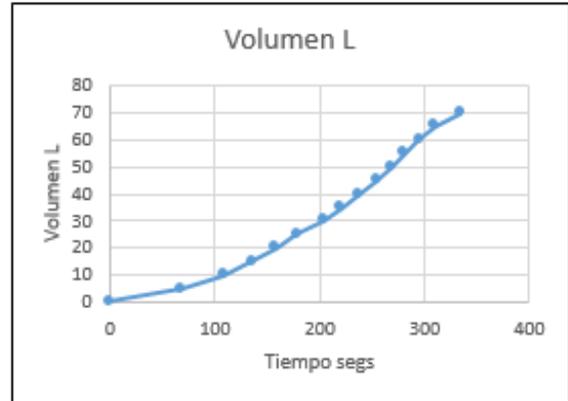
En la figura 9-3(a) se aprecia los resultados de la tabla 8-3, que corresponde a los valores calculados, mientras que en las figuras 9-3(b), 9-3(c), y 9-3(d) son resultados de las tablas 10-3(a), 10-3(b), 10-3(c) respectivamente, y como se aprecia son muy próximas a los valores calculados previamente.

### 3.2.3.4. Comparación de Tiempos de Drenado.

Se continuo con las pruebas de campo, pero ahora con el drenado del contenedor principal, donde de igual modo se comparó los valores obtenidos con los valores calculados, en la figura 10-3(a) se graficó los valores de la tabla 9-3, y se comparó con la figura 10-3(b) que es la gráfica de los valores de la tabla 11-3, donde los valores son muy próximos entre los calculados con los obtenidos.



(a)



(b)

**Figura 10-3 Comparación de tiempos drenado.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.2.3.5. Pruebas Tiempos de calentamiento del producto

Se procedió a las pruebas de calentamiento del producto en el contenedor principal, para ellos de igual manera se procede al cálculo del tamaño de la muestra.

#### Cálculo del tamaño de la muestra.

Para el cálculo del tamaño de la muestra de la misma manera se lo realizo con la ecuación 3-1, que permite calcular la muestra para la estimación de una media poblacional

$$n = \frac{t^2 (a/2, n-1) * s^2}{E^2} \quad Ec (3 - 1)$$

En la tabla 12-3, se observa las muestras previas que se usaron para el cálculo del tamaño de la muestra, y como se puede ver el número de datos son menores a 45.

**Tabla 12-3:** Pruebas previas de calentamiento.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)
50	49
50	48
50	48
50	49

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Aplicando la Ecuación 3-1, con los datos de las tablas 12-3 se llegó a obtener los valores de la tabla 13-3.

**Tabla 13-3:** Tamaño de la muestra contenedores primarios

	Temperatura	
	Volumen (L)	Tiempo (Seg)
<b>MEDIA</b>	50,00	48,5
<b>VARIANZA</b>	0,000	0,333333333
<b>ERROR</b>	2	
<b>CONFIANZA</b>	0,01	
<b>T</b>	7,453318505	
<b>MUESTRAS</b>	3,43	

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

De acuerdo a los cálculos de la tabla 13-3, se determinó que las muestras n a tomar son las siguientes.

➤ Temperatura:  $3,43 \approx 3$  Muestras

Como el sistema está en la capacidad de alcanzar una temperatura de 50°C y el número de muestras es 3, el rango se define por la relación de la ecuación 3-2.

$$Rango = \frac{\text{temperatura}}{\# \text{ de muestras}} Ec (3 - 2)$$

$$Rango = \frac{50}{3} = 16,66 \approx 17$$

**Tabla 14-3:** Prueba de calentamiento.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)
50	49
34	35
17	0

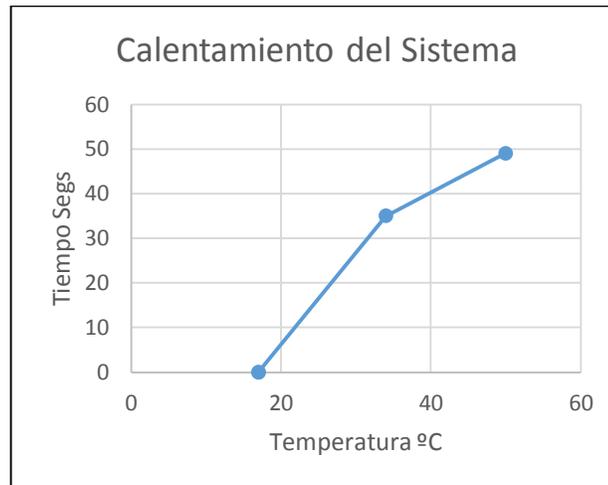
Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Con el número de muestras n y el rango se procedió a las pruebas de campo y recolección de datos los cuales fueron registrados en la tabla 14-3.

Como se tenía estimado de acuerdo a los cálculos en el capítulo 2 en el apartado 2.2.2.4, de tiempos de calentamiento del producto en 45 minutos el sistema alcanzaría los 50 °C, si lo comparamos con las pruebas realizadas vemos que se aproximan a las que se tenía anteriormente previstas, debido a

que el fluido no está en reposo sino en agitación, además mientras el volumen del fluido en el contenedor disminuye el tiempo de calentamiento disminuye obviamente.

En la figura 11-3, se observa la gráfica de temperatura vs tiempo de la tabla 14-3.



**Figura 11-3 Pruebas de calentamiento.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.3. Proceso Automático frente a un Proceso Manual

Con el fin de saber que tan eficiente es utilizar el sistema automático de mezclado frente a un sistema manual se procedió a realizar pruebas de ello.

#### 3.3.1. Cálculo del tamaño de la muestra

De igual modo el primer paso fue calcular el tamaño de la muestra  $n$ , luego se registró las pruebas previas con el modo automático las cuales se detallan en la tabla 15-3.

**Tabla 15-3:** Pruebas previas sistema automático.

Pruebas previas automático	
Volumen (L)	Tiempo (min)
60	18
60	18,5
60	18

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Con los datos de la tabla 15-3, se los ingreso en la ecuación 3-1.

$$n = \frac{t^2 (a/2, n-1) * s^2}{E^2} \text{ Ec (3 - 1)}$$

Los datos de los cálculos se anotan en la tabla 16-3, donde se obtuvo el número de muestras n.

**Tabla 16-3:** Número de muestra automático.

Automático		
	Volumen (L)	Tiempo (Seg)
<b>MEDIA</b>	60,00	18,16666667
<b>VARIANZA</b>	0,000	0,083333333
<b>ERROR</b>	1	
<b>CONFIANZA</b>	0,01	
<b>T</b>	7,453318505	
<b>MUESTRAS</b>	3,43	

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

De acuerdo a los cálculos de la tabla 16-3, se determinó que las muestras a tomar son las siguientes.

- Automático: 3,43 ≈ 3 Muestras

Como las muestras previas se las realizo con 60 Litros y el número de muestras es 3, el rango se define por la relación de la ecuación 3-2.

$$Rango = \frac{capacidad}{\# \text{ de muestras}} \text{ Ec (3 - 2)}$$

$$Rango = \frac{60}{3} = 20$$

**Tabla 17-3:** Prueba sistema automático.

Nro Prueba	Volumen (L)			Volumen Total (L)	Tiempo Agitación (min)	Temperatura (°C)	Tiempo Total (min)
	Elem. A	Elem. B	Elem. C				
1	5	10	5	20	5	17	7
2	10	20	10	40	10	17	13
3	20	20	20	60	15	30	18

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

**Tabla 18-3:** Prueba sistema manual.

Nro Prueba	Volumen (L)			Volumen Total (L)	Tiempo Agitación (min)	Temperatura (°C)	Tiempo Total (min)
	Elem. A	Elem. B	Elem. C				
1	5	10	5	20	5	17	15
2	10	20	10	40	10	17	19
3	20	20	20	60	15	30	25

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Las pruebas constan en mezclar de manera manual y utilizando el sistema de mezclado donde se van detallando en la tabla 17-3 y 18-3 respectivamente.

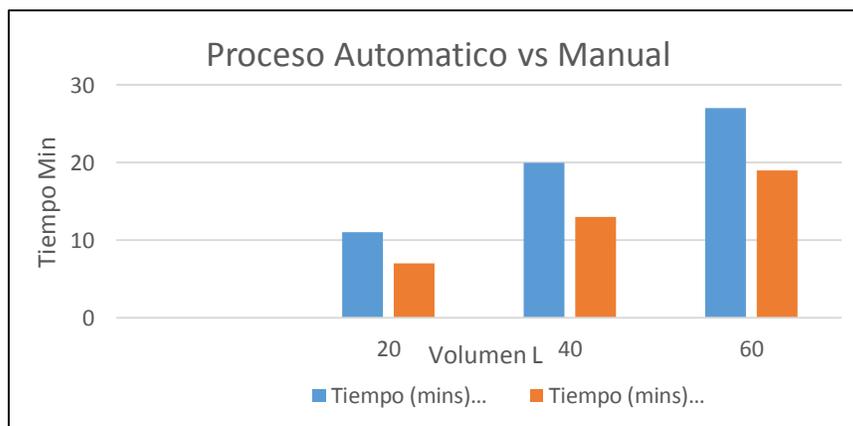
Con el fin de resumir el proceso antes mencionado, se realizó la tabla 19-3 de resumen.

**Tabla 19-3** Resumen de proceso automático frente a manual.

Volumen (L)	Tiempo (min) Manual	Tiempo (min) automático
20	11	7
40	20	13
60	27	19

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

A continuación, se observa la figura 12-3 con los datos de la tabla 19-3, donde se demuestra la diferencia de tiempo del proceso manual frente al automático.



**Figura 12-3** Proceso automático vs manual.

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

## Ventajas y desventajas

Con el fin de tener una mejor idea de las diferencias entre el sistema automático frente a un sistema manual se elaboró un cuadro de resumen y se registró en la tabla 20-3

**Tabla 20-3** Sistema automático frente a un sistema manual.

Sistema Manual	Sistema Automático
<b>Ventajas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Muy bueno para cantidades menores a 1 litro.</li> <li>➤ No existe consumo eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cantidades Exactas de mezcla.</li> <li>➤ Se puede elegir la temperatura del producto</li> <li>➤ Uniformidad de mezcla</li> <li>➤ Reducción de hasta la mitad de tiempo por proceso. Por ejemplo, para una mezcla de 20L automáticamente toma 7 minutos, mientras que manualmente necesita 15 minutos</li> <li>➤ Puede ser realizado por un solo operario</li> <li>➤ Diferentes velocidades de agitación</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se puede determinar la velocidad de agitación del proceso.</li> <li>➤ Residuos o impurezas debido a que los contenedores están abiertos.</li> <li>➤ Mucha dificultad para manejar volúmenes grandes.</li> <li>➤ No se puede mantener una mezcla uniforme debido a que no se mantiene la velocidad constante de agitación</li> <li>➤ Muchos inconvenientes para realizar el proceso por un solo operario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo eléctrico</li> </ul>

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.4. El sistema implementado entrega un producto final que cumple con los niveles de calidad requeridos para productos de consumo masivo.

En este punto se realizaron las pruebas de campo pertinentes para determinar si las variables sujetas a medida se encuentran en los rangos moderados en el manejo del error, exactitud de cantidades con el fin de entregar un producto de calidad.

#### Verificación de variables de proceso

##### Exactitud de cantidades

Cumplir con los parámetros requeridos por las normas asegura que el producto final tenga un alto grado de calidad. Para determinar el nivel de calidad del producto en este caso bebidas preparadas se toma en cuenta Las Normas General del Codex para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas (CODEX STAN 247-2005) ver anexo I.

El cual indica que el volumen adecuado de zumo en un contenedor debe ser un 75% y el otros 25% de ingredientes autorizados (azucares, jarabes, aditivos) normalmente salvo zumos con alto nivel de Acidez que se aplicara el 80%. La tabla 21-3 tenemos los valores exactos de zumo para un cierto volumen cabe recalcar que se aplica esta norma al contenedor primario donde se va hacer la mezcla.

Es decir que para 60 litros de refresco se necesita 42 litros de zumo de pulpa y 18 litros de ingredientes autorizados, en cambio en frutas acidas para 60 litros se necesita 48 litros de zumo de pulpa y 12 litros de ingredientes autorizado.

En la tabla 21-3 se muestra un ejemplo de preparación de bebidas bajos las normas anteriormente descritas, donde el sistema garantiza la exactitud de cantidades para la preparación de las mismas.

**Tabla 21-3:** Volúmenes Recomendados.

<b>Volumen (L)</b>	<b>Volumen recomendado de zumo (L)</b>	<b>Volumen recomendado de zumo para frutas acidas (L)</b>
60	42	48
50	35	40
40	28	32
30	21	24
20	14	16
10	7	8

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

El volumen restante se completa con los ingredientes autorizados, en este caso dentro de la misma norma regula el valor máximo permitido para los colorantes como se muestra en la figura 13-3

<b>Colorantes Artificiales</b>	<b>Máximo nivel.</b>
Rojo de allura FD & C Rojo 40	200mg/L
Amarillo N° 6	200 mg/L
Azorubina, Rojo 3	200mg/L
Indigotina FD & C Azul 2	200mg/L
Negro brillante PN, Negro 1, Negro PN	200mg/L
Azul brillante FCF FD& Azul 1	100mg/L
Ponceau 4R, Rojo 7, Rojo Cochinilla A	200mg/L
Amarillo Crepusculo FCF	200mg/L
Tartrazina FD & C Amarillo 5	200mg/L
Eritrosina FD & C Rojo 3	200mg/L

**Figura 13-3 Colorantes permitidos.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Estos colorantes estarán en los contenedores de materia prima sabiendo que el volumen máximo es de 50 litros a continuación en la tabla 22-3 se detalla la cantidad en litros a usar dependiendo el volumen existente en dicho contenedor, con el fin de ejemplificar se tomó en cuenta dos tipos de colorantes ya que como se puede observar en la figura 17-3 mayoría de colorantes trabaja con un valor de 200 mg/L.

**Tabla 22-3:** Volúmenes Recomendados Colorantes.

Colorantes Artificiales	Volumen (L)				
	10	20	30	40	50
Rojo de allura FD Y Rojo 40 (200mg/L)	2	4	6	8	10
Azul brillante Pn, NEGRO 1, Negro PN (100mg/L)	1	2	6	4	5

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Aplicando estos conceptos sabremos exactamente qué cantidad de materia prima se utilizar para obtener cualquier tipo de bebida apto para el consumo, para verificar las cantidades se realizó las siguientes pruebas de campo.

Con lo anteriormente descrito, para verificar la exactitud de cantidades y así asegurar un producto de mejor calidad se procedió a las debidas pruebas de exactitud de cantidades, empezando por el cálculo del tamaño de la muestra.

### **Cálculo del tamaño de la muestra.**

De igual modo, para el cálculo del tamaño de la muestra se lo realizo con la ecuación 3-1, que permite calcular la muestra para la estimación de una media poblacional

$$n = \frac{t^2 (a/2, n-1) * s^2}{E^2} \quad Ec (3 - 1)$$

En la tabla 23-3, se observa las muestras previas que se usaron para el cálculo del tamaño de la muestra, y como se puede ver el número de datos son menores a 45.

Las pruebas tomadas y registradas en la tabla 23-3 fueran realizadas con 2 tipos de fluidos, agua y zumo de naranja puro, donde para un mejor control de su volumen se lo realizó con una balanza digital restando el peso del recipiente contenedor, donde el peso de ingreso es constante 50kg para agua y 55 kg para zumo de naranja ambos fluidos en un volumen de 50 litros.

**Tabla 23-3** Muestras previas cantidades.

Agua	
Volumen (L)	Peso Sal (Kg)
50	49,1
50	49
50	49,1
50	49,15
50	49,05

(a)

Zumo de Naranja	
Volumen	Peso Sal (Kg)
50	53,95
50	53,9
50	53,8
50	53,8
50	53,9

(b)

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Aplicando la Ecuación 3-1, y los datos de las tablas 23-3(a), 23-3(b) se llegó a obtener los valores de la tabla 24-3, cabe recalcar que el error se tomó al 0.2% con el fin de obtener una mínima consideración de pérdidas en las pruebas

**Tabla 24-3** Tamaño de la muestra contenedores primarios

	Agua		Zumo de Naranja	
	Volumen (L)	Tiempo (Seg)	Volumen (L)	Tiempo (Seg)
<b>MEDIA</b>	50,00	49,08	50	53,87
<b>VARIANZA</b>	0,000	0,00325	0	0,0045
<b>ERROR</b>	0,2		0,2	
<b>CONFIANZA</b>	0,01		0,01	
<b>T</b>	7,453318505		7,453318505	
<b>MUESTRAS</b>	<b>3,51</b>		<b>5,25</b>	

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

De acuerdo a los cálculos de la tabla 19-3, se determinó que las muestras a tomar son las siguientes.

➤ Agua:  $3,51 \approx 4$  Muestras

➤ Zumo de Naranja:  $5,25 \approx 5$  Muestras

De igual modo el rango se define por la relación de la ecuación 3-2.

$$Rango\ agua = \frac{50}{4} = 12,5 \approx 13$$

$$Rango\ agua = \frac{50}{5} = 10$$

Con lo anterior calculado se procedió a las pruebas respectivas y se registraron en la tabla 25-3.

**Tabla 25-3** Pruebas de exactitud de cantidades

Agua		Zum de Naranja	
Volumen (L)	Peso Salida (Kg)	Volumen (L)	Peso Salida (Kg)
50	49	50	53,95
39	38,7	40	43,6
26	25,6	30	32,6
13	12,9	20	21,76
		10	10,86

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Las pérdidas del sistema se lo realizo con la Ecuación siguiente

$$p = 100 - \left( \frac{\text{peso de salida}}{\text{peso de entrada}} \times 100 \right) \text{ Ec}(3 - 3)$$

Reemplazado los datos de la tabla 20-3 en la ecuación 3-3 se obtuvo los siguientes resultados y se registraron en la tabla 26-3.

**Tabla 26-3** Tamaño de la muestra contenedores primarios

Agua				Zum de Naranja			
Volumen (L)	Peso Entrada (Kg)	Peso Salida (kg)	Perdidas p (%)	Volumen (L)	Peso Entrada (Kg)	Peso Salida (kg)	Perdidas p (%)
50	50	49,9	<b>0,2</b>	50	55	54,85	<b>0,3</b>
39	39	38,92	<b>0,2</b>	40	44	43,9	<b>0,2</b>
26	26	25,96	<b>0,1</b>	30	33	32,93	<b>0,2</b>
13	13	12,98	<b>0,1</b>	20	22	21,96	<b>0,1</b>
				10	11	10,98	<b>0,1</b>

(a)

(b)

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

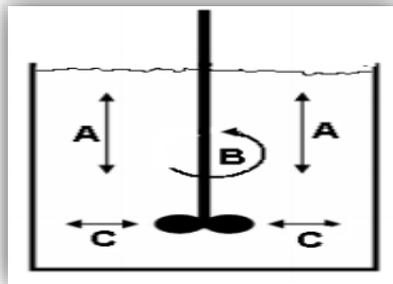
Con estos resultados se llega a la conclusión que el sistema posee aproximadamente un 0,3% o 0,1 L de pérdidas en 50L de volumen, en cuanto a volúmenes de entrada y salida.

## Velocidad y Tiempo de mezclado

A continuación, se procede a la verificación de otros aspectos de la máquina para poder ver su eficiencia partiendo de la recolección de datos reales que arroja el proceso.

### Velocidad de mezclado.

Cuando un líquido se somete a la acción de una mezcladora existen 3 componentes de velocidad que puede impartir al líquido como muestra la figura 14-3:

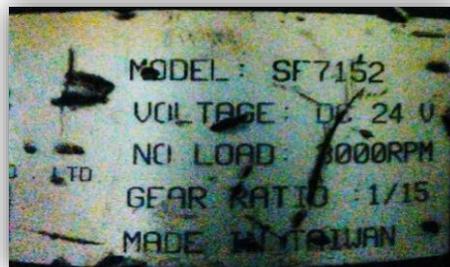


**Figura 14-3 Tipo de Velocidades.**

Colina, L. (2013). <http://sgpwe.izt.uam.mx>

- A=velocidad longitudinal (paralela al eje de la mezcladora).
- B=velocidad rotacional (tangencial al eje de la mezcladora).
- C=velocidad radial (perpendicular al eje de la mezcladora).

La opción B es la implementada en la máquina, tomando en cuenta los datos de placa del motor se determinó que la velocidad máxima de nuestro mezclador es 200rpm como especifica la figura 15-3



**Figura 15-3 Placa del motor utilizado.**

Realizado por: Burgos I. y Namo A. 2016.

Para determinar la velocidad de agitación adecuada se toma como referencia la figura 16-3.

TIPO DE MEZCLA	Velocidad m/s
Mantener en suspensión, circulación. Prod. Sed. Lenta.	0.5 – 1.5
Mantener en suspensión, circulación. Prod. Sed. Rápida.	1.5 – 2.5
Homogeneización líq-líq	2.5 – 4.0
Homogeneización líq-líq con densidades similares	4.0 – 5.0
Disolución a concentraciones ligeras: 10 – 20 % máximo	4.0 – 5.0
Homogeneización líq-líq con densidades muy diferentes	5.0 – 8.0
Disolución a concentraciones fuertes: Hasta 50%	5.0 – 8.0
Dispersión líq-sól. (fácil)	8.0 – 10.0
Dispersión difícil, emulsión y empastados	15.0 – 25.0

**Figura 16-3 Placa del motor utilizado.**

Fuente: (Gaush, 2012.P.9)

Es necesario convertir los m/s a rpm que es la magnitud más usada para determinar la velocidad de un motor, para esto es necesario recordar el diámetro del contenedor principal que es de 0.42 metros y en la figura 14-3 se muestra la velocidad en rpm para los tipos de mezcla que de acuerdo a la investigación serán más utilizadas.

**Tabla 27-3:** Tipo de mezcla y velocidad recomendada

TIPO DE MEZCLA	VELOCIDAD (RPM)
Homogenización líquido-líquido	57 -90
Homogenización líquido a líquido con densidades similares	90-113
Homogenización líquido a líquido con densidades diferentes	90-181

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

A partir de estos conceptos y sugerencias recogidas del jefe de la planta de lácteos se definió los valores de PWM como muestra la figura 28-3, de tal modo que el agitador gire a velocidad (rpm) determinada y controlada por el usuario.

**Tabla 28-3:** Relación entre velocidad, pwm, rpm.

<b>Velocidad en el HMI</b>	<b>PWM (8 bits Micro)</b>	<b>RPM</b>
Lenta	30	25
Normal	60	50
Rápida	90	70

**Realizado por:** Burgos I. y Ñamo A. 2016.

### 3.4.1. *Tiempo de mezclado*

El tiempo de mezcla influye en la calidad del producto final. Se trabajó con el temporizador propio del lenguaje java, que tiene dentro del HMI, el tiempo se encuentra limitado en un rango de 0 – 59 minutos.

Este transcurso de tiempo es ingresado por el usuario, para validar si dicho tiempo es exacto se procedió con pruebas respectivas, midiendo con un cronometro distinto, esta prueba arrojó los siguientes resultados mostrados en la tabla. Los datos regidos en las pruebas preliminares se anotan en la figura 29-3.

**Tabla 29-3:** Comparación de tiempos.

<b>Tiempo ingresado por el usuario(min)</b>	<b>Tiempo medido (min)</b>
10	9.97
15	14.96
20	19.98
25	24.95

**Realizado por:** Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Con ayuda de estos datos reemplazando en la Ecuación 4-3, podemos hacer una comparación para sacar el error y cuantificar nuestra variable de presión en la mezcladora.

#### ➤ **Calculo del Error Absoluto**

$$E = Vi - Vm \text{ Ec(4-3)}$$

**Donde:**

E=Error

Vi=Valor ingresado

Vm = Valor medido

**Error absoluto:**

$$E(10) = 10 - 9.97$$

$$E(15) = 15 - 14.96$$

$$E(20) = 20 - 19.98$$

$$E(10) = 0.03$$

$$E(15) = 0.04$$

$$E(20) = 0.02$$

$$E(25) = 25 - 24.95$$

$$E(25) = 0.05$$

➤ **Cálculo del Error Relativo Porcentual**

Para el cálculo del error relativo porcentual se utilizó la Ecuación 5-3

$$Er\% = E \frac{1}{Vi} * 100 \text{ Ec(5-3)}$$

**Donde:**

Er% = Error relativo porcentual.

Vi=Valor ingresado

E=Error

**Error relativo porcentual**

$$Er\%(10) = \frac{0.03}{10} * 100$$

$$Er\%(15) = \frac{0.04}{15} * 100$$

$$Er\%(15) = \frac{0.02}{20} * 100$$

$$Er\%(10) = 0.3\%$$

$$Er\%(15) = 0.26\%$$

$$Er\%(15) = 0.1\%$$

$$Er\%(15) = \frac{0.05}{25} * 100$$

$$Er\%(15) = 0.1\%$$

A partir de estos resultados se observa que el error máximo en nuestra maquina en cuanto a precisión en el tiempo de mezclado es 0.3% que es un rango moderado pudiendo concluir que la maquina es eficiente en este sentido.

3.4.2. *Temperatura*

De igual modo, para garantizar una buena calidad el producto se procedió a la verificación de la temperatura del sistema a la cual trabaja. Al tomar los datos se observó que existe errores entre el

valor real y el valor medido mostrados la interfaz gráfica, estos datos han sido resumidos en la siguiente tabla aclarando que estos datos son tomados en el recipiente con su máxima capacidad (60 litros), los datos recolectados se describen en la tabla 30-3.

**Tabla 30-3:** Comparación entre Temperaturas.

<b>Temperatura mostrada en el HMI(°C)</b>	<b>Temperatura real (°C)</b>
<b>18</b>	<b>18</b>
<b>20</b>	<b>20</b>
<b>30</b>	<b>30</b>
<b>40</b>	<b>41</b>
<b>50</b>	<b>51</b>

**Realizado por:** Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Como resultado obtenido de esta tabla comparativa se determinó que el error existente en de temperatura en el recipiente es +/-1% entrando en los rangos permitido para los requerimientos del sistema.

Por último, en cuanto a los equipos y utensilios utilizados en el proceso se recurre al REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA ALIMENTOS PROCESADOS específicamente en el capítulo 3 artículo 8, este reglamento se encuentra en su totalidad en el anexo J, el cual tiene como objetivo inspeccionar los equipos de fabricación, envasado, acondicionamiento, almacenamiento, control cada una de estas especificaciones dependerá de las necesidades de producción.

El apartado uno y dos, cita que la máquina debe estar construida con materiales tales que sus superficies de contacto no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores, ni reaccionen con los ingredientes o materiales que intervengan en el proceso de fabricación, evitarse el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente.

A menos que se tenga la certeza de que su empleo no será una fuente de contaminación indeseable y no represente un riesgo físico. (Reglamento de Buenas Prácticas Para Alimentos Procesados. (2002). <http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/leyes/rbpm.pdf>)



**Figura 17-3 Agitador paleta plana en acero Inox 304.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016.

Se decidió construir la máquina y cada elemento con contacto con el producto como contenedor, tubería, válvulas, agitador en su totalidad en **acero inoxidable 304** para dar cumplimiento a las normas y características especiales citadas anteriormente, la figura 17-3 muestra un ejemplo de un elemento (agitador) construido completamente en acero inoxidable.

En cuanto a las tuberías empleadas para la conducción de materias primas y alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosos, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán por recirculación de sustancias previstas para este fin. (Reglamento de Buenas Prácticas Para Alimentos Procesados. (2002). <http://www.epmrq.gob.ec/images/lotaip/leyes/rbpm.pdf>).

La figura 18-3 evidencia el cumplimiento de tuberías desmontables característica requerida en el apartado siete del capítulo 3 del reglamento, asegurando la higiene y mantenimiento del equipo.



**Figura 18-3 Tubería desarmable acero Inox 304.**

Realizado por: Burgos I. y Ñamo A. 2016

### **3.5. Análisis de Resultados Obtenidos**

Con las pruebas descritas anteriormente se procedió a su análisis que se detalla a continuación.

#### ***3.5.1. ¿Qué sistemas se utilizan para el mezclado de los componentes en la preparación de bebidas?***

Con lo analizado en el apartado 3.1.1.1. se determinó que según la viscosidad del fluido los sistemas se clasifican en dos grupos, ver figura 1-3, donde los sistemas de mezclado para media y baja viscosidad son la mejor alternativa para alimentos líquidos.

Cabe recalcar que, dependiendo del tipo de viscosidad del fluido, se escogió el tipo de agitador, ver figura 2-3, recurriendo a un método de ponderación de valores cuantitativos ver tabla 2-3, en el cual se realizó una comparación de las diferentes opciones de agitadores, donde se determinó que el agitador más adecuado es el mostrado en la figura 2-3(d), porque la velocidad está en el rango requerido por el sistema.

El costo es mucho menor que las otras opciones, hay versatilidad para trabajar con fluidos de media y baja viscosidad, posee un elevado índice de transmisión de calor, y aunque el sistema de agitación por paletas genera pequeños vórtices en la mezcla, una leve modificación mecánica descentrando el eje del agitador ver figura 4-3, se superó este inconveniente.

Por último, de igual modo para la selección del sistema de transmisión se consideró varias opciones, se asignó valores de ponderación de valores cuantitativos ver tabla 4-3, donde se determinó que el sistema de transmisión más adecuado es de reductor de velocidad, porque posee una pérdida de potencia baja, su montaje es sencillo, su costo es moderado.

Y lo más importante no existe desprendimiento de residuos por la fricción de poleas ya que el reductor viene cerrado herméticamente, ver figura 3-3.

#### ***3.5.2. ¿Cuál es el tiempo que se demora en realizar este proceso?***

El sistema con el fin de optimizar el tiempo de ejecución del proceso, trabaja de manera simultánea en lo que se refiera a llenado desde los contenedores primarios al contenedor principal.

Se realizó los cálculos de llenado, ver tabla 8-3, y vaciado, ver tabla 9-3, y se comparó con los valores obtenidos en las pruebas de campo realizadas, ver tabla 10-3 y 11-3 respectivamente, donde como se

aprecia en la figura 9-3 se compara los valores de llenado y se observa que son muy próximos lo que indica que el sistema cumple con lo que se tenía diseñado.

### ***3.5.3. ¿Qué tan provechoso sería utilizar un sistema automático de mezclas frente al sistema manual?***

La planta previa a la realización del presente trabajo de titulación no contaba con un sistema de mezclado, sino se realizaban pruebas de ellos con volúmenes pequeños por la dificultad conseguir un volumen determinado.

El sistema implementado permite una mezcla de hasta 60L, almacenando en sus 3 contenedores primarios hasta 50L cada uno, además de estar en capacidad de variar la temperatura del producto en el contenedor principal, así como también la velocidad de mezcla, todas estas variables controladas en el HMI.

Con las pruebas realizadas y registradas en las tablas 17-3 y 18-3, se determinó el tiempo que conlleva realizar este proceso de mezclado de manera automática y manual, donde tomando como ejemplo para mezclar un volumen de 40L automáticamente se necesita 13 minutos, mientras que manualmente se requiere 20 minutos, ver tabla 19-3.

Finalmente se llegó a determinar se necesita de mucho tiempo para realizar una mezcla manual así como más cantidad de operarios, ver tabla 20-3.

### ***3.5.4. ¿El sistema a construir nos entrega un producto final que cumpla con los niveles de calidad requeridos para productos de consumo masivo?***

Para asegurar que el producto cumpla con los niveles de calidad, se garantiza exactitud de cantidades de mezcla minimizando las pérdidas en el interior del sistema, ver tabla 26-3, precisión de temperatura a la cual está el producto, ver tabla 30-3, tiempos de mezcla ver tabla 29-3, y revoluciones de agitación ver tabla 27-3

## CONCLUSIONES.

- Los contenedores primarios y principal poseen una forma lateral cilíndrica con fondo cónico lo cual facilita su limpieza y se evita que se acumulen desperdicios del producto durante el proceso
- El agitador de paletas montado cumple con los requerimientos del sistema que, a pesar de la formación de vórtices en la mezcla, una leve modificación mecánica al contenedor principal se superó este inconveniente.
- El sistema está en la capacidad de alcanzar una temperatura de 50°C, mediante el uso de una resistencia calefactora tipo abrazadera que cubre al contenedor principal.
- El equipo al poseer una Interfaz de usuario (HMI), que se conecta al sistema de forma de inalámbrica, hace que el uso y manejo del mismo sea más cómodo hacia el operario ya que no le obliga a estar frente a la maquina durante el proceso. Siendo una opción muy acertada optimizando recursos.
- Los errores existen en todo el proceso de mezclado mostrados en porcentaje 0.3% en el tiempo de mezclado, +-1% en la medición de temperatura y 1% en la medición de líquido, resultados obtenidos a través de pruebas, son indicadores claros que la maquina se encuentra en rango moderado en cuanto al manejo del error, evidenciando que la maquina es precisa.
- La agitación de cualquier tipo de líquido requiere un análisis meticuloso ya que depende de muchos factores químicos, mecánicos, físicos, al momento de la implementación ese análisis permitió elegir una transmisión con caja reductor, un agitador tipo paleta y la posición del agitador desplazado al eje del tanque dando como resultado un agitador eficiente para nuestro proceso de mezclado ahorrando recursos especialmente económicos.

## RECOMENDACIONES.

- Se debe tomar en cuenta el diseño de los contenedores, para evitar que se acumulen desperdicios de procesos previos, de igual modo faciliten su limpieza para proliferación de bacterias
- La elección del agitador debe ser en base a las necesidades del sistema, tomando en cuenta el tipo de fluido, velocidad de agitación, montaje y el costo que pueda generar.
- En relación al sistema de temperatura, la elección de la resistencia hay que tener en cuenta que como su uso es para alimentos no puede tener contacto con el mismo, es por ello que la resistencia tipo abrazadera es la más adecuada.
- Con respecto al HMI, ofrece una mayor flexibilidad en cuanto a monitorización y comodidad, pero se debe tener en cuenta que no se puede alejar a una distancia máxima de 12m del sistema ya que pierde el radio de alcance al equipo.
- Los errores están presentes en casi todos los equipos, pero minimizarlos es necesario conocer y anticiparse a ellos, tomando en cuenta muchos aspectos durante el diseño del equipo, esto reduce la probabilidad de errores o fallos en el sistema, de igual modo se puede reducir los mismos optimizando el software de manejo del equipo, mientras se van realizando las debidas pruebas de campo.
- El diseño mecánico, electrónico, neumático e hidráulico de cualquier sistema es la base para él un óptimo funcionamiento del mismo, tomando en cuenta siempre los parámetros que se necesita, ya que favorece detección de fallos, y mantenimientos futuros

## **BIBLIOGRAFIA**

**AGITACIÓN EN LA INDUSTRIA.** [En línea]. 2010.

[Consulta: 20 noviembre 2015].

Disponible en: <http://descom.jmc.utfsm.cl>.

**AGITACIÓN Y MEZCLA CONCEPTOS TEÓRICOS BÁSICOS.** [En línea].2013.

[Consulta: 21 noviembre 2015].

Disponible en: <http://www.esp.vmi-mixer.com>.

**AGITACIÓN Y MEZCLA CONCEPTOS TEÓRICOS.** [En línea] 2014.

[Consulta: 25 noviembre 2015].

Disponible en: <http://www.esp.vmi-mixer.com>.

**AUTOMATISMOS INDUSTRIALES-SENSORES.** [En línea] 2012.

[Consulta: 02 diciembre 2015].

Disponible en: <http://unnomadaeneldesierto.blogspot.com>.

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.** 2014. [En línea] 2014.

[Consulta: 29 noviembre 2015].

Disponible en: <http://www.smctraining.com>.

**BALCELLS, Josep; & ROMERAL, Jose.** *Autómatas Programables.* Barcelona-España :Marcombo S.A, 1997. pp. 22-24

**BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS.** [En línea] 2009.

[Consulta: 22 noviembre 2015].

Disponible en: [w.fenecidadan.net/imxd/noticias/doc/1176804687recetario.com](http://w.fenecidadan.net/imxd/noticias/doc/1176804687recetario.com).

**BEBIDAS Y REFRESCOS EN LA INDUSTRIA.** [En línea] 2012.

[Consulta: 19 noviembre 2015].

Disponible en: <http://sqperu.org.pe/wp-content/uploads/2012/08/1.-Bebidas-y-Refrescos.-Conferencia.com>.

**BEBIDAS, CLASIFICACIÓN.** [En línea]. 2011.

[Consulta: 03 diciembre 2015].

Disponible en: <http://www.escuelahosteleria.org/portal/recetas/materiales/Eul5TW3Af.com>.

**CLASIFICACIÓN DE LAS BEBIDAS.** [En línea] 2011.

[Consulta: 29 noviembre 2015].

Disponible en: <http://www.escuelahosteleria.org/portal/recetas/materiales/Eul5TW3Af.com>.

**NORMAS CODEX STAN 247-2005.** [En línea] 2005.

[Consulta: 10 diciembre 2015].

Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/57942048/CODEX-PARA-ZUMOS-JUGOS-Y-NECTARES-DE-FRUTAS#scribd>.

**CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES.** [En línea] 2012.

[Consulta: 19 diciembre 2015].

Disponible en: <http://automatica.mex.tl/>.

**CREUS, Antonio.** *Instrumentación Industrial.* 8ª ed. Barcelona-España: Marcombo S.A, 2011. pp. 30-33.

**HARPER, Gilberto.** *Protecciones de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales.* 2ª ed. Mexico D.F: Limusa S.A y Noriega Editores, 2003. pp. 33-43.

**INDUSTRIA, BEBIDAS.** [En línea] 2012.

[Consulta: 21 diciembre 2015].

Disponible en: <http://tematico8.asturias.es>.

**INSPECCIONES INDUSTRIALES INTELIGENTES.** [En línea] 2014.

[Consulta: 29 diciembre 2015].

Disponible en: <http://www.i3.com.mx/>.

**INSTRUMENTACIÓN Y COMUNICACIONES INDUSTRIALES.** [En línea] 2009.

[Consulta: 30 diciembre 2015].

Disponible en: <http://www.ing.unlp.edu.ar>.

**INTRODUCCIÓN HMI.** [En línea] 2014.

[Consulta: 01 enero 2016].

Disponible en: <http://iaci.unq.edu.aR>.

**Janeth, Capaelo Armijos Mayra.** *Determinación de carbohidratos totales en bebidas analcohólicas consumidas por adolescentes en la ciudad de Cuenca y Nabón.* [En línea] 2011.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2452>.

**KOSOW, Irving.** *Control de Máquinas Eléctricas.* Barcelona- España: Reverté S.A, 2006. pp. 33-38.

**LÁCTEOS Y DERIVADOS.** [En línea] 2014.

[Consulta: 02 enero 2016].

Disponible en: <http://www.sanutricion.org.ar>.

**LÍQUIDOS, MEDICIÓN DE NIVEL.** [En línea] 2006.

[Consulta: 01 enero 2016].

Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve.P.120-P.130>.

**MARTIN, Juan Carlos & GARCÍA, María Pilar.** *Automatismos Industriales.* Madrid-España: Editex S.A, 2004. pp. 33-38.

**MEDICIÓN DE NIVEL.** [En línea] 2011.

[Consulta: 01 enero 2016].

Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar>.

**PEÑA, Joan Domingo.** *Diseño y Aplicaciones con Autómatas Programables.* Madrid- España: Editorial UOC, 2003. pp. 42-43.

**PEREZ, Enrique.** *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización.* 2ª ed. Barcelona-España : Marcombo S.A, 2009. pp. 17-22.

**PERIS, Enrique.** *Sistemas Electrónicos Digitales, Fundamento y Diseño de Aplicaciones.* Valencia-España: Maite Simon, 2002. pp. 8-14.

**RUIZ, Antonio, GARCIA, Francisco & NOGUERA, Juan Carlos.** *Guía Práctica de Sensores.* Madrid-España: Creaciones, 2010. pp. 18-22.

**SIEMENS.** *Sirius Simocode Pro Profibus.* Nürnberg-Alemania: Siemens AG, 2008. pp. 130-133.

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA.** *Protocolos de Comunicaciones Industriales.* [En línea]  
Bogota-Colombia, 2008.

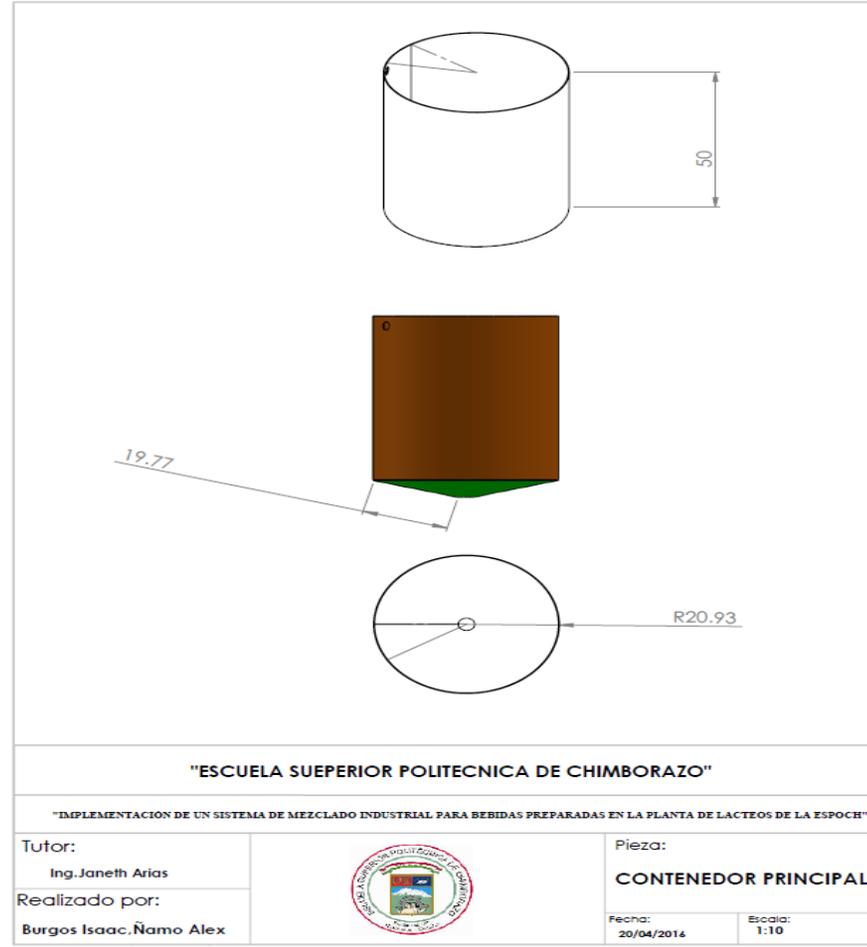
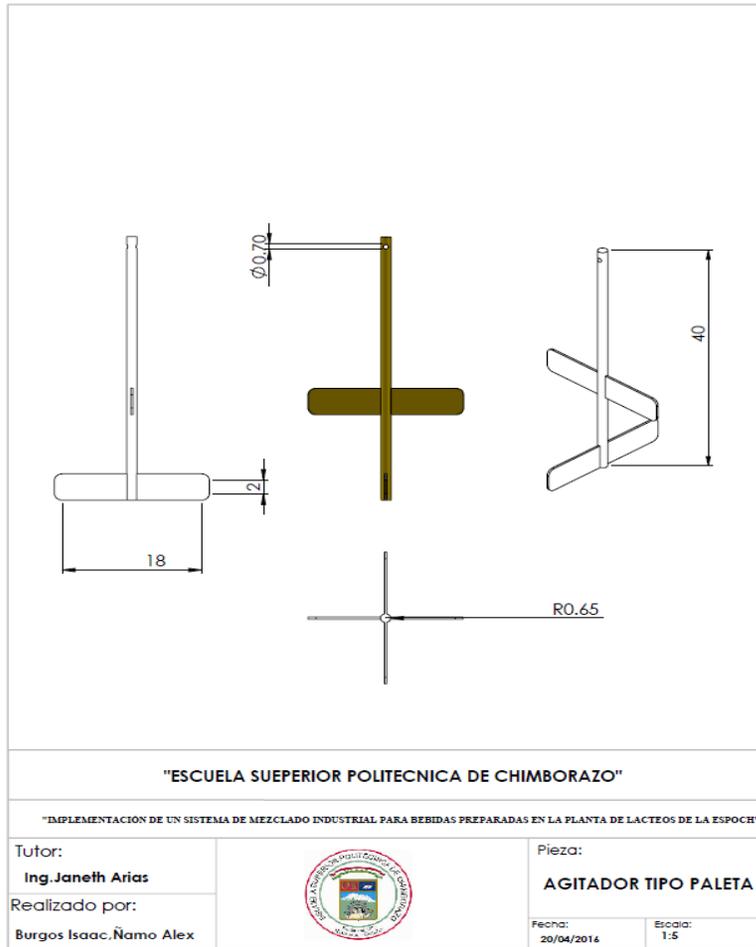
[Consulta: 15 enero 2016].

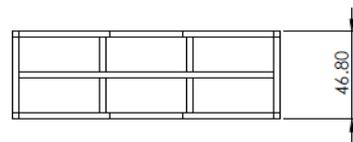
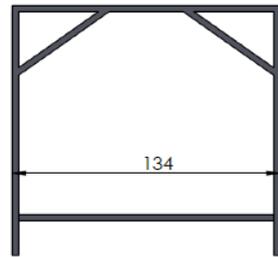
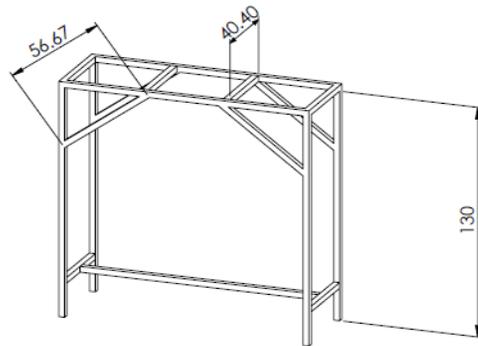
Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208021/protocolos.pdf>.

**VALDERRAMA, Jose.** *Información Tecnológica.* 74ª ed. La Serena-Chile: Centro de Información Tecnológica, 2002. pp. 82-83.

**VILORIA, Roldán José.** *Montaje Mecánico en Instalaciones Solares Fotovoltaicas.* Madrid: Ediciones Paraninfo S.A, 2013. pp 128-135.

**ANEXO A. Planos Mecánicos del Sistema.**





"ESCUELA SUEPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO"

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEZCLADO INDUSTRIAL PARA BEBIDAS PREPARADAS EN LA PLANTA DE LACTEOS DE LA ESPOCH"

Tutor:  
Ing. Janeth Arias

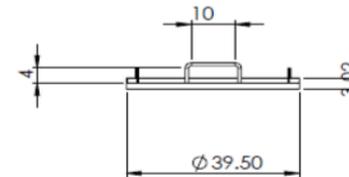
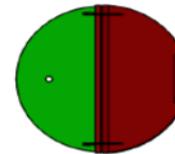
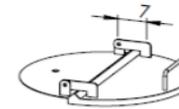
Realizado por:  
Burgos Isaac, Ñamo Alex



Pieza:  
**ESTRUCTURA**

Fecha:  
20/04/2016

Escala:  
1:20



"ESCUELA SUEPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO"

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEZCLADO INDUSTRIAL PARA BEBIDAS PREPARADAS EN LA PLANTA DE LACTEOS DE LA ESPOCH"

Tutor:  
Ing. Janeth Arias

Realizado por:  
Burgos Isaac, Ñamo Alex

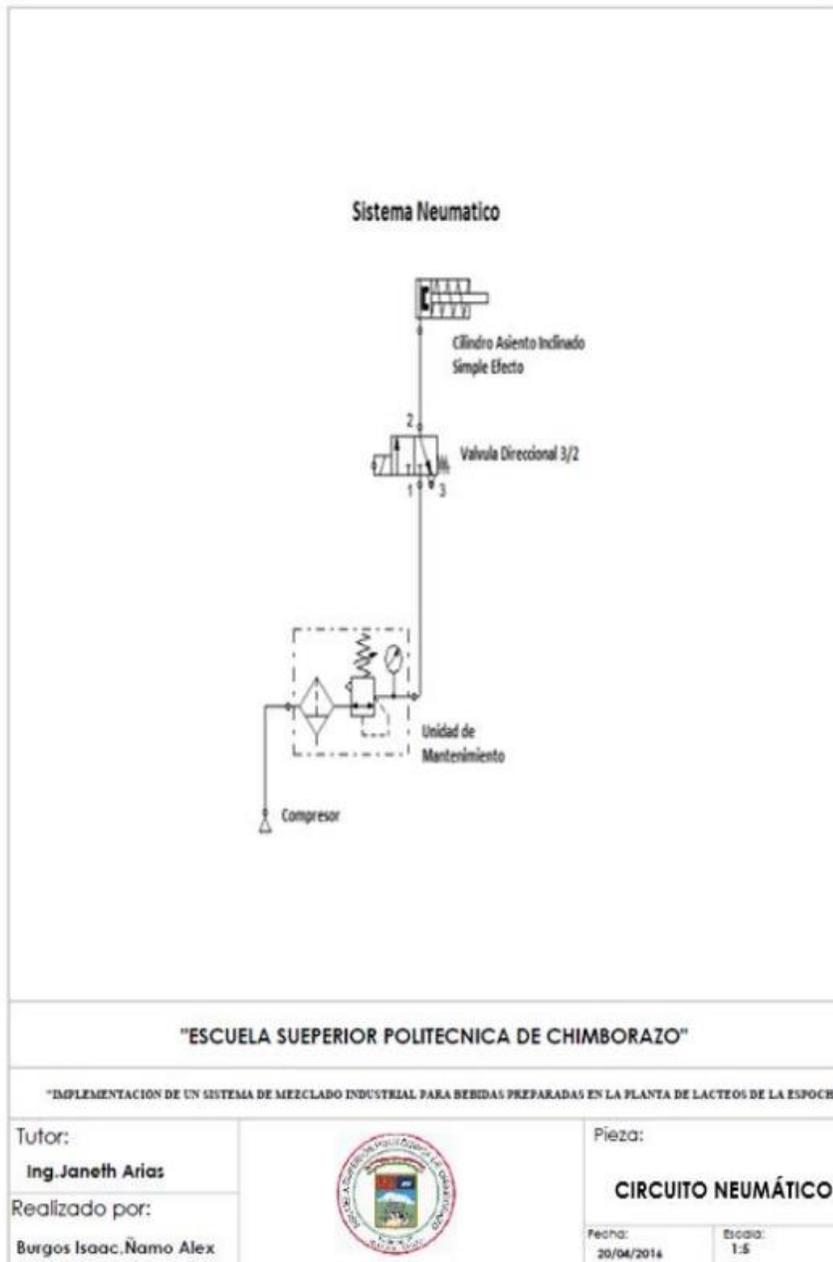


Pieza:  
**Tapa Contenedor de Materia Prima**

Fecha:  
20/04/2016

Escala:  
1:10

**ANEXO B.** Diseño Neumático del Sistema.

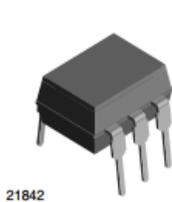


## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

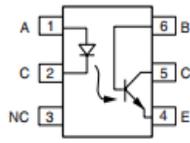
Vishay Semiconductors



### Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection



21842



#### FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V<sub>RMS</sub>
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS COMPLIANT

#### APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

#### AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

#### DESCRIPTION

The 4N25 family is an industry standard single channel phototransistor coupler. This family includes the 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

#### ORDER INFORMATION

PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>

PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
<b>INPUT</b>				
Reverse voltage		V <sub>R</sub>	5	V
Forward current		I <sub>F</sub>	60	mA
Surge current	t ≤ 10 μs	I <sub>FSM</sub>	3	A
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	100	mW
<b>OUTPUT</b>				
Collector emitter breakdown voltage		V <sub>CEO</sub>	70	V
Emitter base breakdown voltage		V <sub>EBO</sub>	7	V
Collector current		I <sub>C</sub>	50	mA
	t ≤ 1 ms	I <sub>C</sub>	100	mA
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	150	mW

# 4N25, 4N26, 4N27, 4N28



Vishay Semiconductors Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection

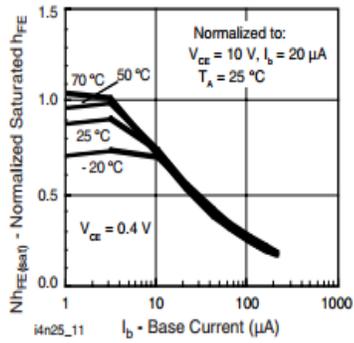


Fig. 11 - Normalized  $h_{FE}$  vs. Base Current and Temperature

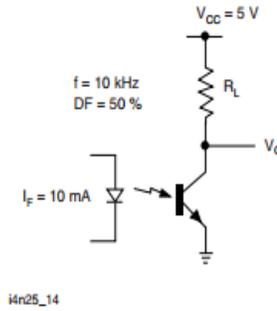


Fig. 14 - Switching Schematic

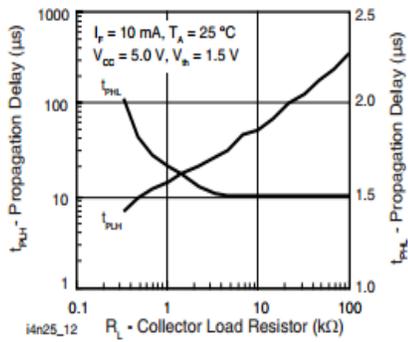


Fig. 12 - Propagation Delay vs. Collector Load Resistor

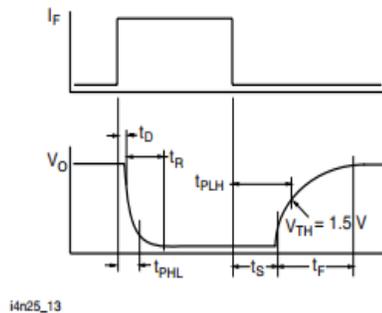


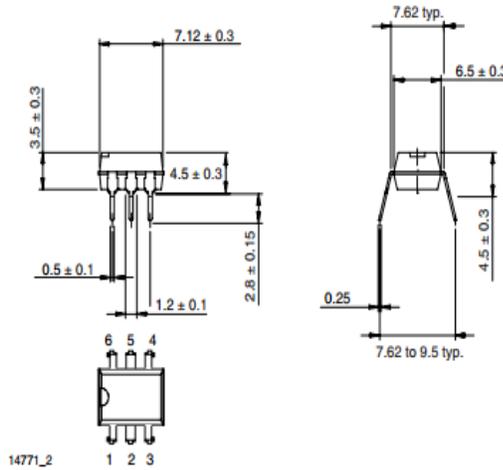
Fig. 13 - Switching Timing



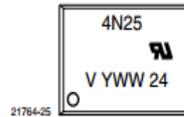
## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Optocoupler, Phototransistor Output, Vishay Semiconductors  
with Base Connection

### PACKAGE DIMENSIONS in millimeters



### PACKAGE MARKING





**2N3055**  
**MJ2955**

**COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS**

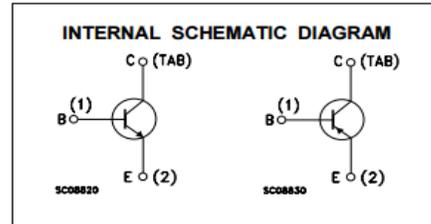
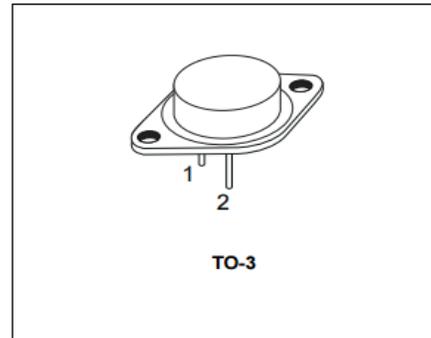
- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

**DESCRIPTION**

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



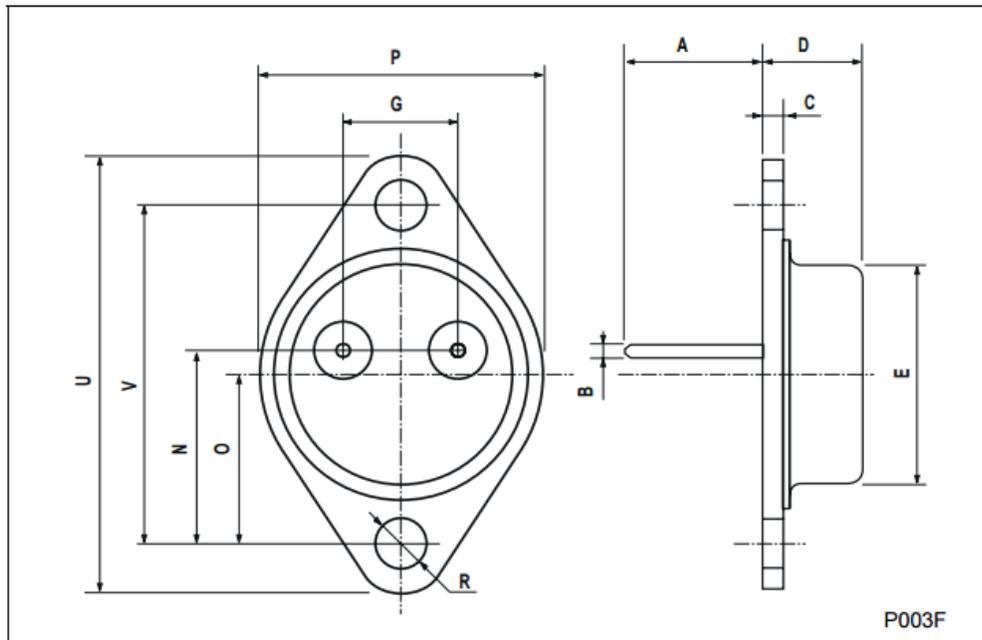
**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	MJ2955	
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )		100	V
$V_{CER}$	Collector-Emitter Voltage ( $R_{BE} \leq 100\Omega$ )		70	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )		60	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )		7	V
$I_C$	Collector Current		15	A
$I_B$	Base Current		7	A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$		115	W
$T_{stg}$	Storage Temperature		-65 to 200	$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature		200	$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current values are negative.

## TO-3 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	11.00		13.10	0.433		0.516
B	0.97		1.15	0.038		0.045
C	1.50		1.65	0.059		0.065
D	8.32		8.92	0.327		0.351
E	19.00		20.00	0.748		0.787
G	10.70		11.10	0.421		0.437
N	16.50		17.20	0.649		0.677
P	25.00		26.00	0.984		1.023
R	4.00		4.09	0.157		0.161
U	38.50		39.30	1.515		1.547
V	30.00		30.30	1.187		1.193



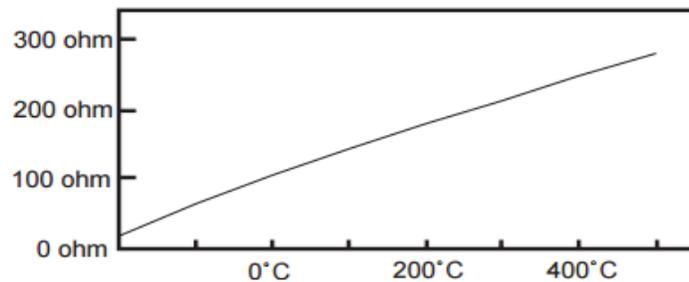


### **Pt100, su operación, instalación y tablas.**

#### ***Que es un Pt100 ?***

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable ú otro material (vaina) , en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio ( cabezal ).

#### ***Ventajas del Pt100***

Por otra parte los Pt100 siendo lèvemente más costosos y mecánicamente no tån rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros ) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

**Conexión de la Pt100** Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica  $R(t)$  del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables  $R_c$ .

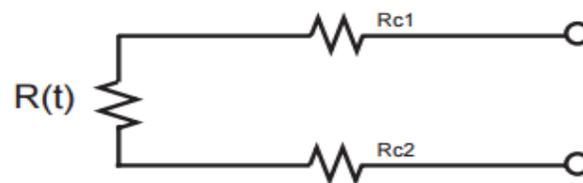
#### **Con 2 hilos**

El modo más sencillo de conexión (pero **menos recomendado**) es con solo dos cables.

En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable.

El lector medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ .

Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.



Por ejemplo si la temperatura es  $90^{\circ}\text{C}$ , entonces  $R(t) = 134.7$  ohms, pero si el cable  $R_{c1}$  tiene 1.3 ohms y el  $R_{c2}$  tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será  $134.7+1.3+1.2 = 137.2$  ohms y la lectura del instrumento será  $96^{\circ}\text{C}$ .

Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es 0.0193 ohms por metro.

Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será  $15*2*0.0193 = 0.579$  ohms lo que inducirá un error de  $1.5^{\circ}\text{C}$  en la lectura.

Pt 100  
ohms

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	212.03	212.39	212.74	213.10	213.45	213.81	214.16	214.52	214.88	215.23
310	215.59	215.94	216.29	216.65	217.00	217.36	217.71	218.07	218.42	218.77
320	219.13	219.48	219.84	220.19	220.54	220.90	221.25	221.60	221.96	222.31
330	222.66	223.01	223.37	223.72	224.07	224.42	224.77	225.13	225.48	225.83
340	226.18	226.53	226.88	227.24	227.59	227.94	228.29	228.64	228.99	229.34
350	229.69	230.04	230.39	230.74	231.09	231.44	231.79	232.14	232.49	232.84
360	233.19	233.54	233.89	234.23	234.58	234.93	235.28	235.63	235.98	236.32
370	236.67	237.02	237.37	237.72	238.06	238.41	238.76	239.11	239.45	239.80
380	240.15	240.49	240.84	241.19	241.53	241.88	242.23	242.57	242.92	243.26
390	243.61	243.95	244.30	244.65	244.99	245.34	245.68	246.03	246.37	246.72
400	247.06	247.40	247.75	248.09	248.44	248.78	249.12	249.47	249.81	250.16
410	250.50	250.84	251.19	251.53	251.87	252.21	252.56	252.90	253.24	253.58
420	253.93	254.27	254.61	254.95	255.29	255.64	255.98	256.32	256.66	257.00
430	257.34	257.68	258.02	258.37	258.71	259.05	259.39	259.73	260.07	260.41
440	260.75	261.09	261.43	261.77	262.11	262.45	262.78	263.12	263.46	263.80
450	264.14	264.48	264.82	265.16	265.49	265.83	266.17	266.51	266.85	267.18
460	267.52	267.86	268.20	268.53	268.87	269.21	269.54	269.88	270.22	270.55
470	270.89	271.23	271.56	271.90	272.24	272.57	272.91	273.24	273.58	273.91
480	274.25	274.58	274.92	275.25	275.59	275.92	276.26	276.59	276.93	277.26
490	277.60	277.93	278.26	278.60	278.93	279.26	279.60	279.93	280.26	280.60
500	280.93	281.26	281.60	281.93	282.26	282.59	282.93	283.26	283.59	283.92
510	284.25	284.58	284.92	285.25	285.58	285.91	286.24	286.57	286.90	287.23
520	287.56	287.90	288.23	288.56	288.89	289.22	289.55	289.88	290.21	290.54
530	290.86	291.19	291.52	291.85	292.18	292.51	292.84	293.17	293.50	293.82
540	294.15	294.48	294.81	295.14	295.47	295.79	296.12	296.45	296.78	297.10
550	297.43	297.76	298.08	298.41	298.74	299.07	299.39	299.72	300.04	300.37
560	300.70	301.02	301.35	301.68	302.00	302.33	302.65	302.98	303.30	303.63
570	303.95	304.28	304.60	304.93	305.25	305.58	305.90	306.22	306.55	306.87
580	307.20	307.52	307.84	308.17	308.49	308.81	309.14	309.46	309.78	310.11
590	310.43	310.75	311.07	311.40	311.72	312.04	312.36	312.68	313.01	313.33
600	313.65	313.97	314.29	314.61	314.93	315.26	315.58	315.90	316.22	316.54
610	316.86	317.18	317.50	317.82	318.14	318.46	318.78	319.10	319.41	319.73
620	320.05	320.37	320.69	321.01	321.33	321.65	321.96	322.28	322.60	322.92
630	323.24	323.55	323.87	324.19	324.51	324.82	325.14	325.46	325.78	326.09
640	326.41	326.73	327.04	327.36	327.67	327.99	328.31	328.62	328.94	329.25
650	329.57	329.89	330.20	330.52	330.83	331.15	331.46	331.78	332.09	332.41
660	332.72	333.04	333.35	333.66	333.98	334.29	334.61	334.92	335.23	335.55
670	335.86	336.17	336.49	336.80	337.11	337.43	337.74	338.05	338.36	338.68
680	338.99	339.30	339.61	339.92	340.24	340.55	340.86	341.17	341.48	341.79
690	342.11	342.42	342.73	343.04	343.35	343.66	343.97	344.28	344.59	344.90
700	345.21	345.52	345.83	346.14	346.45	346.76	347.07	347.38	347.68	347.99
710	348.30	348.61	348.92	349.23	349.53	349.84	350.15	350.46	350.77	351.07
720	351.38	351.69	352.00	352.30	352.61	352.92	353.22	353.53	353.84	354.14
730	354.45	354.75	355.06	355.37	355.67	355.98	356.28	356.59	356.89	357.20
740	357.51	357.81	358.12	358.42	358.72	359.03	359.33	359.64	359.94	360.25
750	360.55	360.85	361.16	361.46	361.77	362.07	362.37	362.68	362.98	363.28
760	363.59	363.89	364.19	364.49	364.80	365.10	365.40	365.70	366.01	366.31
770	366.61	366.91	367.21	367.51	367.81	368.12	368.42	368.72	369.02	369.32
780	369.62	369.92	370.22	370.52	370.82	371.12	371.42	371.72	372.02	372.32
790	372.62	372.92	373.22	373.52	373.82	374.12	374.42	374.71	375.01	375.31
800	375.61	375.91	376.21	376.50	376.80	377.10	377.40	377.70	377.99	378.29
810	378.59	378.88	379.18	379.48	379.77	380.07	380.37	380.66	380.96	381.26
820	381.55	381.85	382.14	382.44	382.74	383.03	383.33	383.62	383.92	384.21
830	384.51	384.80	385.10	385.39	385.69	385.98	386.27	386.57	386.86	387.16
840	387.45	387.74	388.04	388.33	388.62	388.92	389.21	389.50	389.79	390.09
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

## ANEXO F. Programación arduino.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#include<stdio.h>
#include <stdlib.h>
//pines y estados de
arduino*****
*****

//velocidad del motor
#define lenta 30
#define normal 60
#define rapida 90
#define apagado 0

// estados de valvulas
#define abre LOW
#define cierra HIGH
//#define abre HIGH
//#define cierra LOW

//asignacion de salidas valvulas motores niquelina
#define ONE_WIRE_BUS A0
#define val1 39
#define val2 37
#define val3 41
#define dren 35
#define niq A15
#define mot 2
//#define contmot 41

//sensores
#define ECHO 25
#define TRIGGER 23

#define ECHO2 29
#define TRIGGER2 27

#define ECHO3 33
#define TRIGGER3 31
#define on 3
#define off 4
//*****
//*****
**

//variables de
programacion*****
*****

int inicio=LOW,paro=LOW;
int eston=0;
int estoff=0;
int vel=0;

unsigned int tiempo,tiempo2,tiempo3,
distancia,distancia2,distancia3;
int sen1=0,sen2=0,sen3=0;
int temp=0;
int sal=0;

//*****
//*****

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
void setup()
{
  sensors.begin();
  Serial.begin(9600);
  Serial3.begin(9600);
  //sensores
  pinMode(ECHO, INPUT);
  pinMode(TRIGGER, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(ECHO2, INPUT);
  pinMode(TRIGGER2, OUTPUT);
  pinMode(ECHO3, INPUT);
  pinMode(TRIGGER3, OUTPUT);
  pinMode(on, INPUT);
  pinMode(off, INPUT);

  //tipo de pines como salida
  pinMode(val1,OUTPUT);
  pinMode(val2,OUTPUT);
  pinMode(val3,OUTPUT);
  pinMode(dren,OUTPUT);
  pinMode(niq,OUTPUT);
  //pinMode(contmot,OUTPUT);

  //estado de salidas a actuadores
  digitalWrite(val1,cierra);
  digitalWrite(val2,cierra);
  digitalWrite(val3,cierra);
  digitalWrite(niq,LOW);
  digitalWrite(dren,cierra);
```

## ANEXO G. Programación HMI.

### ANEXO G. Programación HMI.

```
import java.io.InputStream;
import java.io.OutputStream;
import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.util.Timer;
import java.util.TimerTask;
import java.util.UUID;
import android.app.Activity;
import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.bluetooth.BluetoothSocket;
import android.content.Intent;
import android.os.Bundle;
import android.os.Handler;
import android.renderscript.Int2;
import android.text.Editable;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

public class MainActivity extends Activity {
    //el acer abre el intro_activity que es ACERCA
    DE

    Button btnOn, btnOff, btnAcer, btnayuda,
    btndatos, btnprueba, btnconexion, btnlenta,
    bttnormal, btnrapida, btningresar, btntiempo, btn
    monitorizacion2, btntemp;

    Button
    btnconexion2, btndatos2, btnprueba2, btnayuda2, bt
    nAcer2;

    Button
    btnconexion3, btnvariables3, btnmonitorizacion3, b
    tnprueba3, btnayuda3, btnacerca3;

    Button
    btnabrire1, btncerrare1, btnabrire2, btncerrare2, bt
    nabrire3, btncerrare3, btnlentap, bttnormalp, btnra
    pidap, btntagitar, btndetener, btndrenarp, btncerrar
    dren;

    Button
    btnconexion4, btnvariables4, btnmonitorizacion4, b
    tnprueba4, btnayuda4, btnacerca4;

    Button
    btnconexion5, btnvariables5, btnmonitorizacion5, b
    tnprueba5, btnayuda5, btnacerca5;

    TextView txtArduino, txtString,
    txtStringLength, sensorView0, sensorView1,
    sensorView2, tempcondi, tempmsj;

    TextView sensorView3,
    sensorView4, sensorView5, minutos, grados, outtotal
    , validA, validB, validC, tipomezcla, crono, temperatu
    ra;

    TextView esta, estb, estc, estmot, estdren;
    EditText ina, inb, inc, intemp, intiempomin;

    Handler bluetoothIn;

    private int
    pest=1, nuA=0, nuB=0, nuC=0, nuD=0, nuE=0, nuT=
    0, ra=0, rb=0, rc=0, rt=0, ca=0, cb=0, cc=0, ct=0, ctemp
    =0;

    private String
    numA=""0", numB=""0", numC=""0", numD=""0", n
    umE=""0", numT=""0", s0,s1,s2,s3;

    private String vel=""L";
    private int tipo=0;
    private int evit=0;
    private int tipomez=0;
    private int reset=0;
    private int estilo=0;

    final int handlerState = 0;
        //used to identify handler message

    private BluetoothAdapter btAdapter = null;
    private BluetoothSocket btSocket = null;
    private StringBuilder recDataString = new
    StringBuilder();
    private ConnectedThread mConnectedThread;

    // SPP UUID service - this should work for most
    devices

    private static final UUID BTMODULEUUID =
    UUID.fromString("00001101-0000-1000-8000-
    00805F9B34FB");

    // String for MAC address
    private static String address;

    @Override
    public void onCreate(Bundle
    savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
```